



La métrologie dans l'industrie et les laboratoires

Gilles CALCHERA
Ingénieur métrologue
UPR 40 Bois tropicaux
CIRAD-Persyst

les 30 septembre et 1^{er} octobre 2009 à Montpellier



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Contexte et enjeux

- La Fonction Métrologie est une composante de l'assurance qualité (SMQ).
- Un organisme tel qu'une entreprise fabrique, teste, contrôle des produits (ou service) à partir de processus de fabrication, d'essais, d'analyse, etc.
- Les produits doivent satisfaire aux attentes exprimées des clients, donc être conformes à des exigences (normes, spécifications internes).



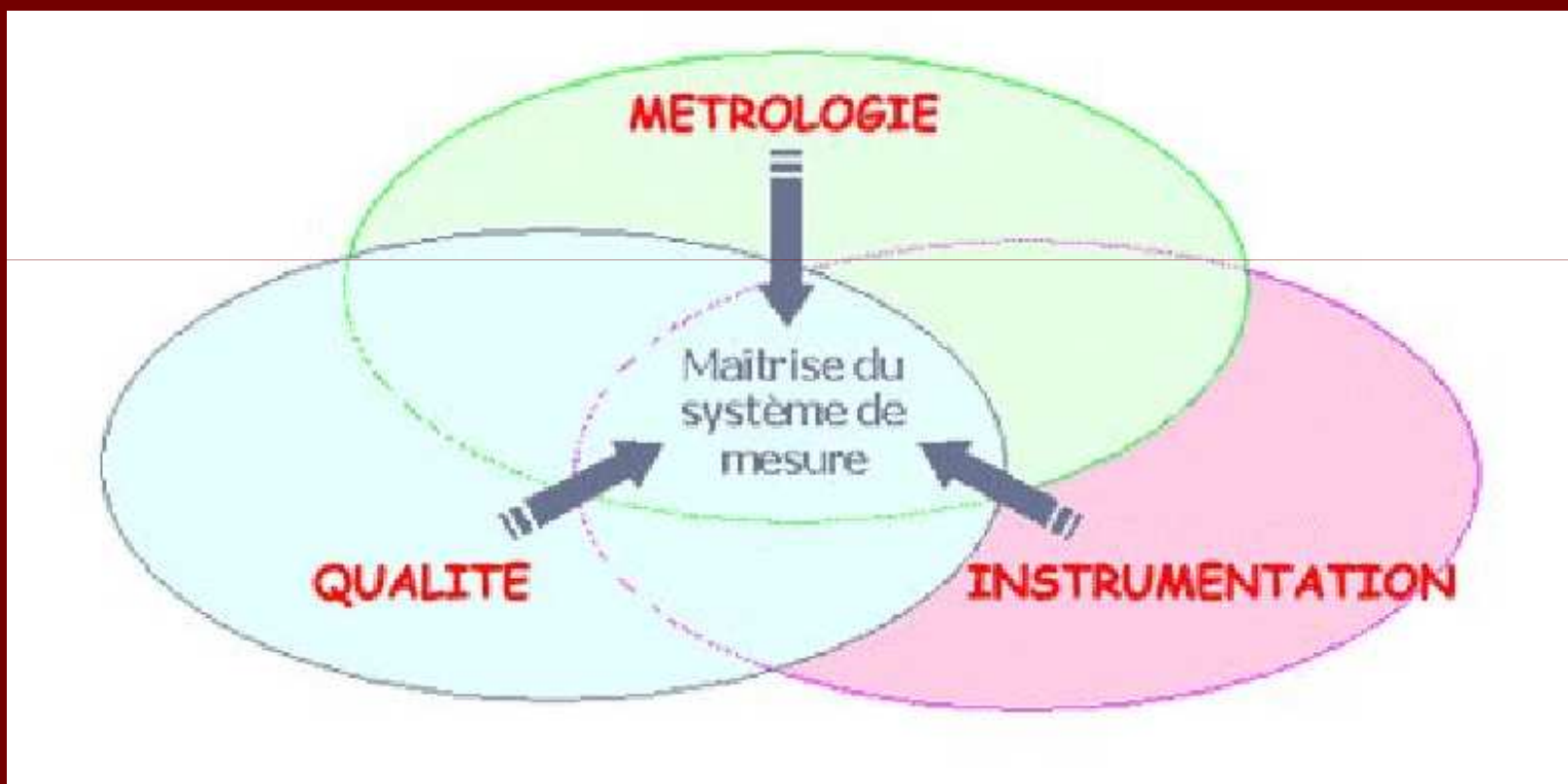
Contexte et enjeux

- C'est à partir de résultat de mesure que tout organisme, chaque jour prend des décisions relatives à ces produits, ces processus, ...
- Au résultat de mesure correspond une incertitude de mesure qui doit être compatible avec l'exigence spécifiée (tolérances) du produit.
- Les erreurs instruments, chaînes, systèmes de mesure, sont des composantes très importantes de l'incertitude de mesure.



Contexte et enjeux

Maîtrise du système de mesure



Contexte et enjeux

- Les étalonnages et vérifications périodiques des instruments permettent de s'assurer et garantir, par notamment la traçabilité vers les étalons nationaux, que ces instruments restent conformes (n'ont pas dérivé, erreurs identiques) dans le temps, donc que les décisions prises s'appuient toujours sur des résultats de mesure que l'on maîtrise.



Contexte et enjeux

- D'où, dans tout organisme, la nécessité d'une « **Fonction Métrologie** » qui peut sous-traiter un certain nombre d'activité car elle implique :
 - des ressources humaines compétentes,
 - des ressources en matériels, locaux, procédures,
 - une organisation avec une gestion pour suivi, traçabilité, etc.



Contexte et enjeux

Bien mesurer pour bien décider !

Un résultat de mesure ou d'essai est une information technique que l'on communique à une autre personne.

Cette information sert de base pour prendre une décision : acceptation ou rejet d'un produit, conformité d'un environnement...



Contexte et enjeux

Pourquoi des normes en métrologie ?

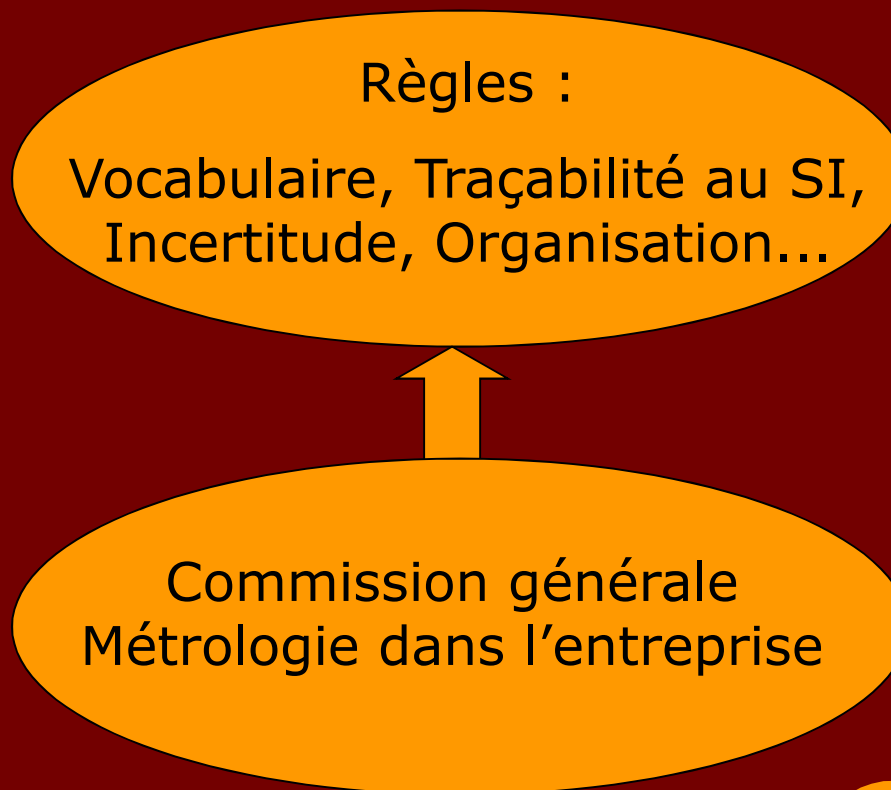


Contexte et enjeux

Comme tout moyen de communication il faut des règles pour se comprendre

Pour communiquer efficacement il faut des règles

Le but de la normalisation est de codifier ces règles



Contexte et enjeux



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Vocabulaire spécifique à la métrologie

§ 5.5

- **METROLOGIE** : Science de la mesure.

La métrologie embrasse tous les aspects aussi bien théoriques que pratiques se rapportant aux **mesurages** quel que soit l'incertitude de celui-ci, dans quelque domaine de la science et de la technologie.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **MESURAGE** : Ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une **grandeur**.

Un mesurage consiste à déterminer la valeur du **mesurande**, c'est à dire la valeur de la grandeur particulière à mesurer. En conséquence, un mesurage commence par une définition appropriée du mesurande, du **processus de mesure**.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **MESURANDE** : Grandeur particulière soumise à mesurage.

La définition de mesurande peut nécessiter des indications relatives à des grandeurs telles que le **temps**, la **température** et la **pression**.

Lorsqu'on réalise un mesurage, la première étape consiste à spécifier le mesurande, c'est à dire la grandeur à mesurer ; le mesurande ne peut pas être spécifié par une valeur mais seulement par la description d'une grandeur.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Il arrive souvent que l'on ne puisse réaliser une telle grandeur et le mesurage est effectué sur une grandeur réalisée qui est une approximation du mesurande.

De ce fait, les lacunes dans la définition du mesurande introduisent, dans l'incertitude du résultat d'un mesurage, une composante d'incertitude qui peut ou non être significative par rapport à l'exactitude requise pour le mesurage.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Le résultat de mesure de la grandeur réalisée peut être corrigé de tout (ou partie) de la différence entre cette grandeur et le mesurande, pour ramener (ou en partie) le résultat de mesure à ce qu'il aurait été si la grandeur réalisée avait en fait satisfait complètement à la définition du mesurande.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **RESULTAT** d'un **MESURAGE** : Valeur attribuée à un mesurande.

Lorsqu'on donne un résultat, on indique clairement si l'on se réfère :

- à l'indication,
- au résultat brut,
- au résultat corrigé,

et si cela comporte une moyenne obtenue de plusieurs valeurs.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- Une expression complète du résultat d'un mesurage comprend des informations sur l'incertitude de mesure.
- Exemple de résultat de mesurage : $(51,4 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

L'incertitude de mesure élargie correspond à 2 incertitudes-types ; elle tient compte des différentes composantes d'incertitudes :

- environnement de $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5) \% \text{HR}$,
- instruments (erreurs), durée, ...



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **EXACTITUDE DE MESURE** : Étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et une **valeur vraie** du mesurande. L'emploi du terme précision au lieu d'exactitude doit être évité.
- **VALEUR VRAIE** (d'une grandeur) : Valeur compatible avec la définition d'une grandeur particulière donnée. C'est une valeur que l'on obtiendrait par un mesurage parfait. Toute valeur vraie est par nature indéterminée.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **VALEUR CONVENTIONNELLE VRAIE** (d'une grandeur) : Valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude appropriée pour un usage donné.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ERREUR DE MESURE** : Résultat d'un mesurage moins valeur vraie du mesurande.

Les imperfections d'un mesurage occasionnent des erreurs pour le résultat de mesure. Une erreur possède traditionnellement deux composantes :

- une composante **aléatoire**,
- une composante **systématique**.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- Composante **aléatoire** : cause de variations pour les observations répétées du mesurande.

L'écart-type expérimental de la moyenne arithmétique d'une série d'observations n'est pas l'erreur aléatoire de la moyenne, mais la mesure de l'incertitude de la moyenne due aux effets aléatoires (la valeur exacte de l'erreur sur la moyenne provenant de ces effets ne peut pas être connue).



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- Composante **systématique** : qui si l'effet peut être quantifié et s'il est significatif, peut faire l'objet d'une correction du résultat de mesure pour compenser l'effet.

La connaissance incomplète d'une compensation imparfaite d'un effet systématique implique une incertitude du résultat.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ERREUR ALEATOIRE** : Résultat d'un mesurage moins la moyenne d'un nombre infini de mesurages du même mesurande, effectué dans les conditions de répétabilité.

L'erreur aléatoire est égale à l'erreur moins l'erreur systématique.

Comme on ne peut faire qu'un nombre fini de mesurages, il est seulement possible de déterminer une estimation de l'erreur aléatoire.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ERREUR SYSTEMATIQUE** : Moyenne qui résulterait d'un nombre infini de mesurages du même mesurande, effectués dans les conditions de répétabilité moins une valeur vraie du mesurande.

L'erreur systématique est égale à l'erreur moins l'erreur aléatoire.

Comme on ne peut faire qu'un nombre fini de mesurages, il est seulement possible de déterminer une estimation de l'erreur systématique.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **INCERTITUDE DE MESURE** : Paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande.

Le paramètre peut être, par exemple, un écart-type (ou un multiple de celui-ci) ou la demi-largeur d'un intervalle de confiance déterminé.

L'incertitude de mesure comprend, en général plusieurs composantes.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Certaines composantes peuvent être évaluées à partir de la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par des écarts-types expérimentaux.

Les autres composantes, qui peuvent aussi être caractérisées par des écarts-types, sont évaluées en admettant des distributions de probabilité, d'après l'expérience acquise ou d'après d'autres informations.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

§ 5.1

- **PROCESSUS DE MESURE** : Totalité des informations, équipements et opérations relatifs à un mesurage donné.

Ce concept recouvre tous les aspects relatifs à l'exécution et à la qualité du mesurage ; il comprend par exemple le principe, la méthode, le mode opératoire, les valeurs des grandeurs d'influence et les étalons.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

« Notion des **5 M** » :

*le **Moyen** de mesure (instrument, chaîne, système),*

*la **Méthode**, Mode opératoire,*

*la **Main d'œuvre** (opérateur),*

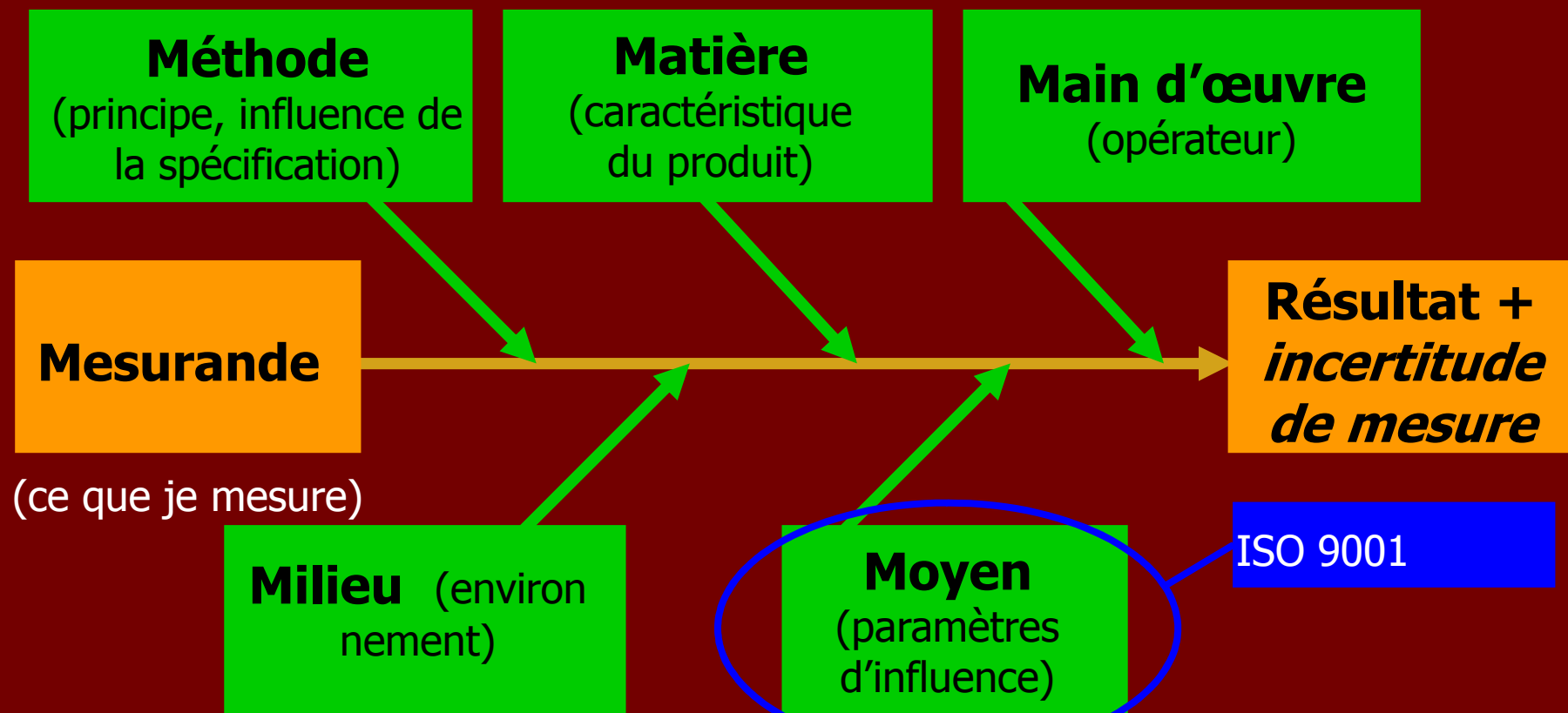
*le **Milieu** (environnement : T, HR, durée,...),*

*le **Mesurande** (grandeur objet du mesurage).*



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Processus de mesure : Ensemble d'opérations permettant de déterminer la valeur d'une grandeur.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **REPETABILITE DES MESURAGES** : Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande effectués dans la totalité des mêmes conditions de mesure (conditions dites de répétabilité).



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Répétabilité et reproductibilité du processus de mesurage

Répétabilité

le même mesurande

Reproductibilité

Conditions identiques :

- le même appareil
- le même opérateur
- le même mode opératoire
- les mêmes conditions

Répétition sur une courte période de temps

Nombre de mesure réduit

Faire varier :

- différents appareils
- plusieurs opérateurs
- des étalons,
- les grandeurs d'influence
- les méthodes
- les lieux
- le temps

Spécifier les conditions que l'on fait varier

Expression par la dispersion des résultats



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ESSAI** : Opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques ou la performance d'un produit, matériau, équipement, organisme, phénomène physique, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié (NF EN 45020).



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **FIDELITE** d'un essai : Étroitesse d'accord entre des résultats d'essai indépendants obtenus sous des conditions stipulées.

La fidélité dépend uniquement de la distribution des erreurs aléatoires et n'a aucune relation avec la valeur vraie ou la valeur spécifiée.

La mesure de la fidélité est exprimée en termes « d'infidélité » et est calculée à partir de l'écart-type des résultats d'essais. Une fidélité faible est reflétée par un grand écart-type.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **REPETABILITE** d'un essai : Fidélité sous des conditions de répétabilité (NF ISO 3534-1).
- **CONDITIONS DE REPETABILITE** : Conditions où les résultats d'essais sont obtenus par la même méthode sur des individus d'essai identiques dans le même laboratoire, par le même opérateur, utilisant le même équipement de mesure et pendant un court intervalle de temps.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **REPRODUCTIBILITE** d'un essai : Fidélité sous des conditions de reproductibilité.
- **CONDITIONS DE REPRODUCTIBILITE** :
Conditions où les résultats d'essais sont obtenus par la même méthode sur des individus d'essai identiques dans différents laboratoires, avec différents opérateurs, utilisant des équipements différents.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ERREUR DE JUSTESSE** d'un IdM : Erreur systématique d'indication d'un IdM.

L'erreur systématique est normalement estimée en prenant la moyenne de l'erreur de l'indication sur un nombre approprié d'observations répétées.

- **JUSTESSE** d'un IdM : Aptitude d'un IdM à donner des indications exemptes d'erreur systématiques.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **FIDELITE** d'un IdM : Aptitude d'un IdM à donner des indications très voisines lors de l'application répétée du même mesurande dans les mêmes conditions de mesure telles que :
 - réduction au minimum des variations dues à l'observateur,
 - même mode opératoire,
 - même observateur,
 - même équipement de mesure utilisé dans les mêmes conditions,
 - même lieu,
 - répétition sur courte période de temps.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ERREUR MAXIMALE TOLEREE** (limites d'erreur tolérée) d'un IdM : Valeurs extrêmes d'une erreur tolérée par les spécifications, règlement ... et pour un IdM donné.
- **ERREUR** (d'indication) d'un IdM : Indication d'un IdM moins une valeur vraie de la grandeur d'entrée correspondante.
- **ERREUR intrinsèque** d'un IdM : Erreur d'un IdM déterminée dans les conditions de référence.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **EXACTITUDE** d'un IdM : Aptitude d'un IdM à donner des réponses proches d'une valeur vraie. Le concept « d'exactitude » est qualitatif.
- **CLASSE D'EXACTITUDE** d'un IdM : Classe d'IdM qui satisfont à certaines exigences métrologiques destinées à conserver les erreurs dans les limites spécifiées.

Une classe d'exactitude est habituellement indiquée par un nombre ou symbole adopté par convention et dénommé **indice de classe**.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **AJUSTAGE** d'un IdM : Opération destinée à amener un IdM à un état de fonctionnement convenant à son utilisation.
- **REGLAGE** d'un IdM : Ajustage utilisant uniquement le moyen mis à la disposition d'un utilisateur.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Vocabulaire lié à l'IdM	Vocabulaire lié au RESULTAT de MESURE
Indication (d'un IdM) Exactitude (d'un IdM) Classe d'exactitude Fidélité (d'un IdM) Erreur de justesse (d'un IdM) Justesse (d'un IdM) Erreur maxi tolérée Erreur d'indication (d'un IdM) Erreur intrinsèque (d'un IdM)	Résultat de mesure Exactitude de mesure Erreur aléatoire Erreur systématique Correction Répétabilité des mesurages Reproductibilité des mesurages Incertitude de mesure : Incertitude-type Incertitude-type composée Incertitude élargie (facteur)



Vocabulaire spécifique à la métrologie

§ 5.6

- **ETALON** : NF X 07-001 (VIM 93)

« Mesure matérialisée, appareil de mesure, matériau de référence ou système de mesure destiné à définir, réaliser, conserver ou reproduire une unité ou une ou plusieurs valeurs d'une grandeur pour servir de référence » d'un IdM :
Opération destinée à amener un IdM à un état de fonctionnement convenant à son utilisation.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **ETALONNAGE** : NF X 07-001 (VIM 93)

Ensemble des opérations établissant dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisée par des étalons.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Exemple de résultat d'étalonnage d'un capteur de température :

- Valeur Conventionnellement Vraie (VCV) = 50,25 °C
- Valeur Indiquée = 50,4 °C
- Erreur = + 0,15 °C

*Le **certificat d'étalonnage** porte diverses informations :*

- celles ci-dessus (aucun jugement n'est porté sur les résultats),
- l'incertitude d'étalonnage élargie correspondant à 2 incertitudes-types = 0,08 °C (pour l'exemple),
- la référence à la procédure, les étalons et leur raccordement, ...



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **VERIFICATION** : NF X 07-001 (VIM 93)

Confirmation par examen et établissement des preuves que les exigences spécifiées ont été satisfaites.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Dans le cadre de la gestion d'un parc d'IdM, la vérification permet de s'assurer que les **écarts** entre les valeurs indiquées par un IdM et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée sont tous inférieurs aux **EMT**, définies par une norme, par une réglementation ou une prescription propre au gestionnaire du parc d'IdM.

Le résultat d'une **vérification** se traduit par une **décision** de remise en service, d'ajustage, de réparation ou de réforme.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Exemple de résultat de vérification d'un capteur de température thermosonde Pt 100 – Classe A :

- *Valeur Conventionnellement Vraie (VCV) = 50,25 °C*
- *Valeur Indiquée = 50,4 °C*
- *Erreur = + 0,15 °C*
- *EMT du capteur classe A à 50 °C = 0,25 °C*



Vocabulaire spécifique à la métrologie

Le *constat de vérification* porte diverses informations :

- le capteur à 50 °C est conforme (à la spécification $\pm 0,25$ °C),
- l'incertitude d'étalonnage élargie correspondant à 2 incertitudes-types = 0,08 °C (pour l'exemple),
- la référence à la procédure, les étalons et leur raccordement, ...
- les *résultats* peuvent être joints au constat (si demande client).

Compte tenu du résultat 50,4 °C et de l'incertitude de mesure, la *probabilité* que le capteur soit *non conforme* à la classe A peut être déterminée.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **INCERTITUDE-TYPE** : Incertitude du résultat d'un mesurage exprimé sous la forme d'un écart-type.
- **EVALUATION DE TYPE A** (de l'incertitude) : Méthode d'évaluation de l'incertitude par analyse statistique de séries d'observations.

La variance expérimentale des observations est $s^2(x_i)$ et l'écart-type expérimental $s(x_i)$.

La variance de la moyenne est $s^2(x) = s^2(x_i) / n$



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **EVALUATION DE TYPE B** (de l'incertitude) :
Méthode d'évaluation de l'incertitude par des moyens autres que l'analyse statistique de séries d'observations.

La variance estimée associée $u^2(x_i)$ ou l'incertitude-type $u(x_i)$ est évaluée par un jugement sur toutes informations disponibles telles que :



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- des résultats de mesures antérieures,
- l'expérience ou la connaissance générale du comportement et des propriétés des matériaux et instruments utilisés,
- des spécifications du constructeur,
- des données fournies par les certificats d'étalonnage, constats de vérification,
- l'incertitude assignée à des valeurs de référence provenant de documents.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **INCERTITUDE-TYPE COMPOSEE** : Incertitude-type du résultat d'un mesurage, lorsque ce résultat est obtenu à partir des valeurs d'autres grandeurs, égale à la racine carrée d'une somme de termes, ces termes étant les variances ou covariances de ces autres grandeurs, pondérées selon la variation du résultat de mesure en fonction de celle de ces grandeurs .



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **INCERTITUDE ELARGIE** : Grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'un mesurage, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande.

La fraction peut être considérée comme la **probabilité** ou le **niveau de confiance** de l'intervalle.

L'incertitude élargie est aussi appelée **incertitude globale**.



Vocabulaire spécifique à la métrologie

- **FACTEUR D'ÉLARGISSEMENT** : Facteur numérique utilisé comme multiplicateur de l'incertitude-type composée pour obtenir l'incertitude élargie.

Un facteur d'élargissement **k** a sa valeur typiquement comprise entre 2 et 3.



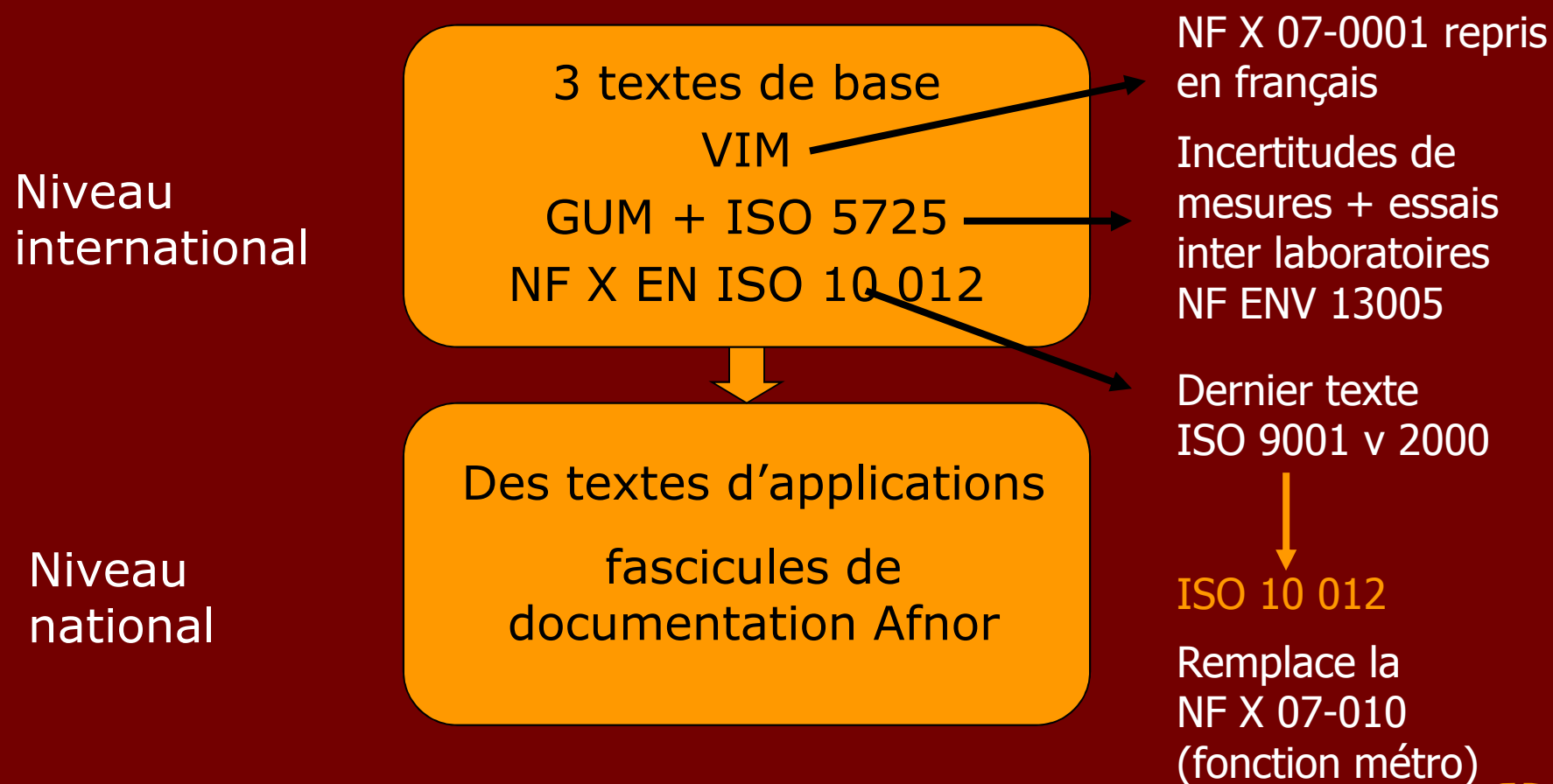
Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Structure de l'organisation des textes normatifs



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

La politique de la commission générale « métrologie dans l'entreprise »

- Simplifier le nombre de textes pour les entreprises (ISO 10012).
- Travailler le plus possible au niveau international, notamment pour les textes de base (éviter les travaux franco-français).
- Passer de la **gestion** des parcs d'IdM à la **maîtrise** des processus de mesure.
- Rédiger des documents d'application en complément des textes de base établis au niveau international en expliquant comment faire.



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Les textes de base : VIM

Vocabulaire des termes fondamentaux
et généraux de la métrologie (VIM)

Repris en NF X 07-0001 décembre 1994

Réviser par le JCGM

(Joint Committee for Guide in Metrology)

Guide ISO/CEI 99:2007



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Les textes de base : GUM

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)

Repris en NF ENV 13005 d'août 1999

Pas de révision (mais des compléments au GUM publiés)

- Propagation des distributions (méthode de Monte Carlo)
- Généralisation des formules du GUM dans le cas où le mesurande n'est pas unique
- Prise en compte de l'incertitude dans les déclarations de conformité
- Modélisation
- Utilisation des moindres carrés



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Les textes de base : ISO 5725 + TS 21748

TS 21748

Guide to use of repeatability, reproducibility And trueness estimates in measurement uncertainty estimation

FD X 07-021 (oct. 1999) Métrologie et application de la statistique - Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais

FD X 07-022 (déc. 2004 - Utilisation de l'incertitude de mesure

Dernièrement :
Déclaration de conformité



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Les textes de base : NF EN ISO 10 012 (base de la fonction métrologie) - sept. 2003

La nouvelle norme **ISO 10012** résulte de la fusion des parties 1 et 2 de la précédente version

Système de management de la mesure - Exigences pour les **processus** et les équipement de mesure

Esprit ISO 9001

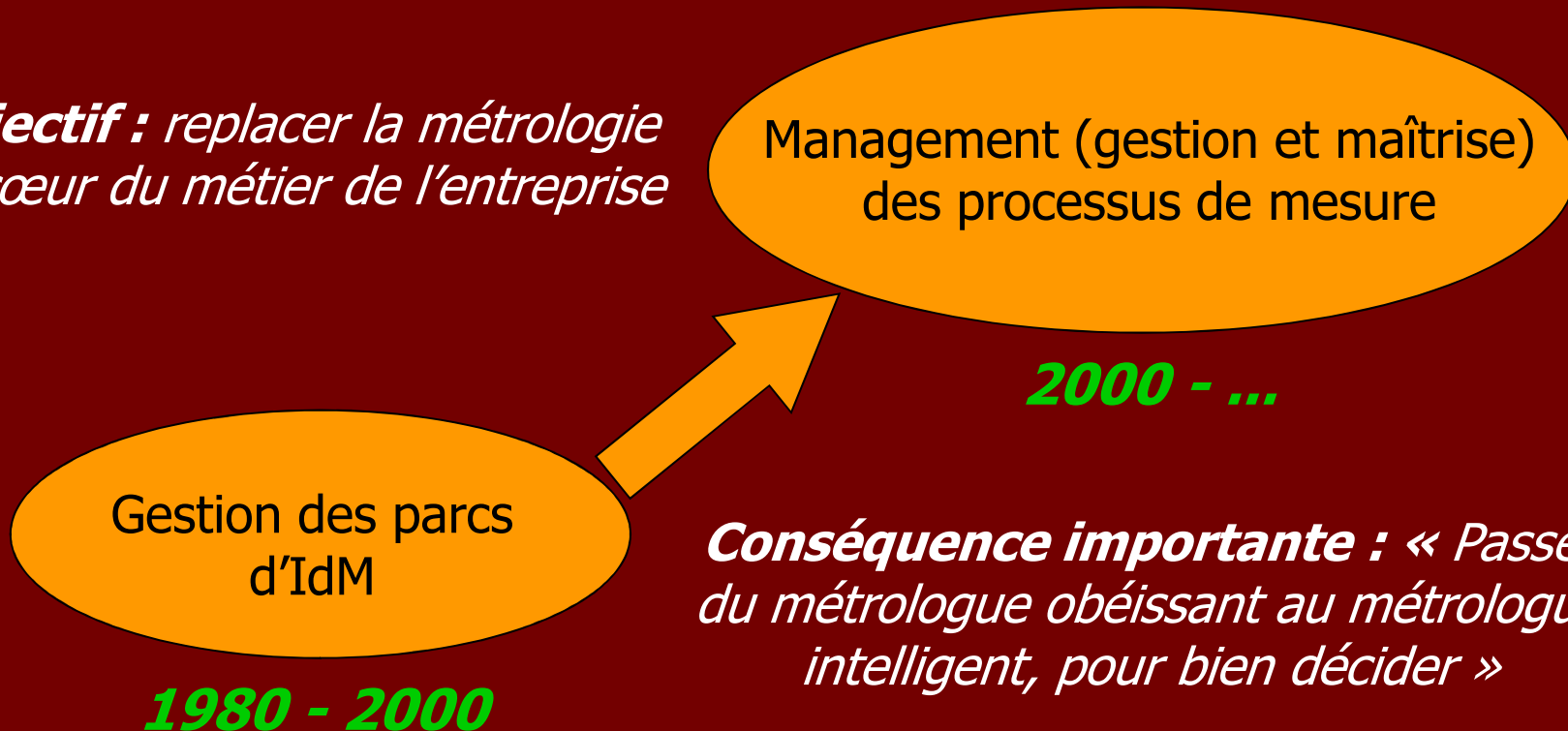
Elle est adoptée au niveau **ISO** et elle remplace la norme **NF X 07-010**



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Une évolution culturelle : vers le management des processus de mesure

Objectif : *replacer la métrologie au cœur du métier de l'entreprise*



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Les normes de base

- **NF X 07-001** : Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (déc. 94) - **Guide ISO/CEI 99:2007**, Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)
- **NF ENV 13005** : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (août 99) - **JCGM 100:2008**, Évaluation des données de mesure — Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
- **NF EN ISO 10 012** : Exigences pour les processus et les équipements de mesure (sept. 2003) remplace **NF X 07 010**
- **NF ISO 5725** : Application de la statistique - Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure
- **FD ISO Guide 30** : Termes et définitions utilisés en rapport avec les matériaux de référence (nov. 95)
- **NF EN ISO/CEI 17025** : Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais (mai 2000)



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Des normes de base aux fascicules de documentation Afnor (normes d'organisation)

- **FD X 07-012 :** Certificat d'étalonnage
- **FD X 07-013 :** Critères de choix Vérification/Étalonnage
- **FD X 07-014 :** Optimisation des intervalles de confirmation métrologique
- **FD X 07-015 :** Raccordement des résultats de mesure aux étalons
- **FD X 07-016 :** Établissement des procédures d'étalonnage et vérification
- **FD X 07-018 :** Fiche de vie des équipement de mesure
- **FD X 07-019 :** Relations clients/fournisseurs en métrologie
- **FD X 07-021 :** Estimation et utilisation de l'incertitude
- **FD X 07-022 :** Utilisation de l'incertitude de mesure
- **FD X 07-028 :** Estimation des incertitudes de mesures de température
- **FD X 07-029-1-2 :** Procédure d'étalonnage et de vérification des sondes et thermomètres à résistance



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Bibliographie

- MFQ, Métrologie dans l'entreprise. Outil de la qualité, 1995.
- CTI, la Métrologie en PME-PMI. Pratique de la mesure dans l'industrie, 1996.
- Étalons et unités de mesure, Mai 1996, édité par le BNM.
- Métrologie - Gérer et maîtriser les équipements de mesure.
- Qualité dans les laboratoires d'étalonnage et d'essais. G. REVOIL - AFNOR
- Estimer l'incertitude de mesure - Perruchet et Priel – AFNOR – Explication de 2 méthodes à employer pour estimer les incertitudes de mesure.
- Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation des résultats de mesure et d'essais X 07-021.
- Alain Marchal : « Matériaux de référence. Étalonnage en chimie analytique et essais de matériaux », Techniques de l'Ingénieur / Mesures et contrôle (Article R52 : 1994).
- Un roman sur mesure – C. BINDI – AFNOR – Mise en place d'une fonction métrologie orientée sur le domaine dimensionnel.



Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation

Sites web à consulter

- www.lne.fr Laboratoire national de la métrologie et d'essai. Responsable de la métrologie Française au niveau national en remplacement du Bureau National de la Métrologie (BNM).
- www.cofrac.fr Organisme attestant de l'accréditation des laboratoires de métrologie ou d'essai. Permet de trouver un prestataire accrédité en fonction de la grandeur.
- www.metrodiff.org Diffusion de la culture métrologie sur Internet.
- www.cidip.com Instrumentation et outil très utiles au menu de ce site web.
- www.exera.com Association regroupant des industriels utilisateurs d'instruments de mesure.
- www.oiml.org Organisation intergouvernementale dont le rôle est de promouvoir l'harmonisation globale des procédures de métrologie légale.
- www.afnor.fr Organisme de normalisation, édition, formation français.



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Le rôle de la Fonction Métrologie consiste à **maîtriser** l'**aptitude** à l'emploi de tous les équipements de mesure et **processus** de mesure utilisés dans l'entreprise qui peuvent avoir une **influence** sur la **qualité** du produit ou du service, ceci afin de s'assurer avec un **risque minimal** que l'ensemble des équipements et des processus de mesure se trouve à l'intérieur des **limites d'erreurs tolérées**.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- La Fonction Métrologie doit aider l'entreprise à mieux maîtriser la connaissance des performances exactes de ses équipements et processus de mesure, leurs limites d'emploi et leur comportement dans le temps, ceci pour que l'entreprise puisse donner l'assurance de la qualité des opérations de mesure réalisées.
- La Fonction Métrologie fait l'interface entre le laboratoire d'étalonnage et l'utilisateur de l'équipement de mesure.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Déterminer les mesurages à effectuer, l'incertitude requise et sélectionner l'équipement de mesure approprié (processus capable de contrôler que le produit est acceptable).



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Fiche d'identification des mesurages à effectuer

Mesures à effectuer	Nominal (tolérance)	Intérêt de la mesure	Criticité (1 à 4)
		- Exigence client	
Masse produit A	250 g (± 5 g)	<ul style="list-style-type: none"> - Obligations réglementaire - Sécurité - Surveillance - Pilotage procédé fabrication 	1



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Identifier, étalonner et/ou vérifier, régler aux intervalles prescrits, ou avant utilisation, tous les équipements qui peuvent avoir une influence sur la qualité du produit. Étalonnages et/ou vérifications par rapport à des équipements certifiés reliés de façon valable à des étalons reconnus au plan international ou national.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Définir le processus d'étalonnage et/ou de vérification et d'exploitation des résultats.
- Identifier les équipements avec un marquage approprié ou un enregistrement d'identification approuvé pour indiquer la validité de l'étalonnage et/ou vérification.
- Conserver les enregistrements d'étalonnage et/ou vérification.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Évaluer et consigner par écrit la validité des résultats de contrôle et d'essai antérieurs lorsque l'équipement s'avère être en dehors des EMT.
- Assurer que les conditions d'environnement sont appropriées pour la réalisation des étalonnages et/ou vérifications, contrôles, mesurages et essais.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Assurer que la manutention, la préservation et le stockage des équipements sont tels que l'exactitude (EMT) et l'aptitude à l'emploi (capabilité) sont maintenues.
- Protéger les équipements (matériels et logiciels d'essai) contre des manipulations qui invalideraient les résultats d'étalonnage et/ou de vérification.



GESTION DU PARC



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais
2. Étudier les spécifications
3. Raccorder aux étalons nationaux
4. Recenser les moyens de mesure et d'essai
5. Qualification des moyens de mesure et d'essai
6. Définir les procédures de mise en œuvre
7. Définir les procédures d'étalonnage et de vérification
8. Programme de maintenance
9. Définir les responsabilités
10. Suivre l'application des procédures (audit, revue)



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais
 - Identification des besoins pour la maîtrise de la qualité des produits
 - Facteurs essentiels
 - Juste niveau



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

2. Étudier les spécifications

- Définition des qualités métrologiques minimales :
 - Fidélité
 - Justesse
 - Étendue de mesure
 - Constance dans le temps
- Conditions de fonctionnement et d'environnement :
 - Cadences,
 - Vibrations
 - Températures ...



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

3. Raccorder aux étalons nationaux

Choix  Coût et fréquence

- Raccordement externe
 - Laboratoire extérieur chaîne d'étalonnage
- Raccordement interne
 - Étalon de référence de l'entreprise

Tous les instruments et étalons doivent être raccordés.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

4. Recenser les moyens de mesure et d'essai
 - Évaluer l'adéquation aux besoins recensés
 - Permettre la gestion des vérifications et des étalonnages
 - S'assurer de l'existence, de la réforme du déclassement effectif
 - Tenir à jour



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

5. Qualification des moyens de mesure et d'essai
 - Qualification initiale
 - Conditions d'étalonnages
 - Périodicité d'étalonnage



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

6. Définir les procédures de mise en œuvre

- Conditions d'installation
- Conditions d'environnement
- Personnes autorisées
- Modes opératoires

Procédures écrites et signalisations



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

7. Définir les procédures d'étalonnage et de contrôle des moyens
 - Moyens utilisés (raccordement aux étalons nationaux)
 - Modes opératoires
 - Sanctions
 - Enregistrements des résultats



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

8. Programme de maintenance
D'étalonnage,
De contrôle.



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

9. Définir des responsabilités
 - Nommer un responsable
 - Responsabilités et autorité des opérationnels



Actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 10 points

10. Suivre l'application des procédures

- Audit interne
- Revue de direction

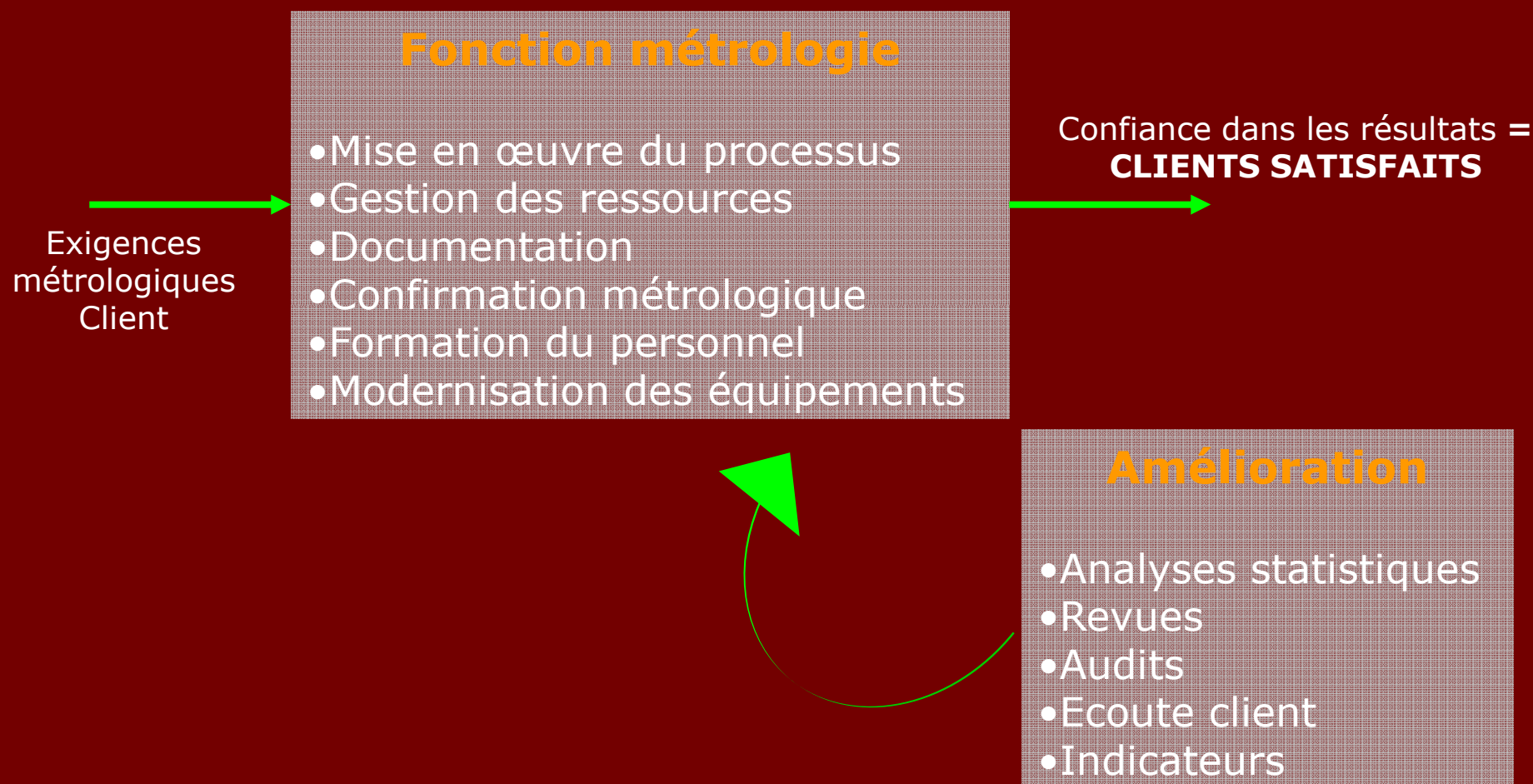


Actions d'une « Fonction Métrologie »

- Le principe repose sur la boucle d'amélioration continue.
- Cette boucle est composée d'une entrée (le processus de mesure), un traitement (la fonction métrologie), une sortie (la satisfaction client) puis une boucle de « régulation » de la performance (l'amélioration).



Actions d'une « Fonction Métrologie »



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Système International d'unités (SI)
- Système cohérent d'unités adopté et recommandé par la conférence générale des poids et mesures (CGPM)

LE METRE (m) LE KILOGRAMME (kg) LA SECONDE (s)

L'AMPERE (A) LE KELVIN (K) LA MOLE (mol)

LA CANDELA (cd) BECQUEREL (Bq) GRAY (Gy)



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- BIPM : Bureau International des Poids et Mesures
- CEI : Commission Électrotechnique Internationale
- ISO : International Standard Association
- OIML : Organisation Internationale de Métrologie Légale
- BNM : Bureau National de Métrologie
- COFRAC : Comité Français d'Accréditation
- INM : Institut National de la Métrologie
- LNE : Laboratoire National d'Essais
- LCIE : Laboratoire Central des Industries Électriques
- LPTF : Laboratoire Primaire des Temps et Fréquences

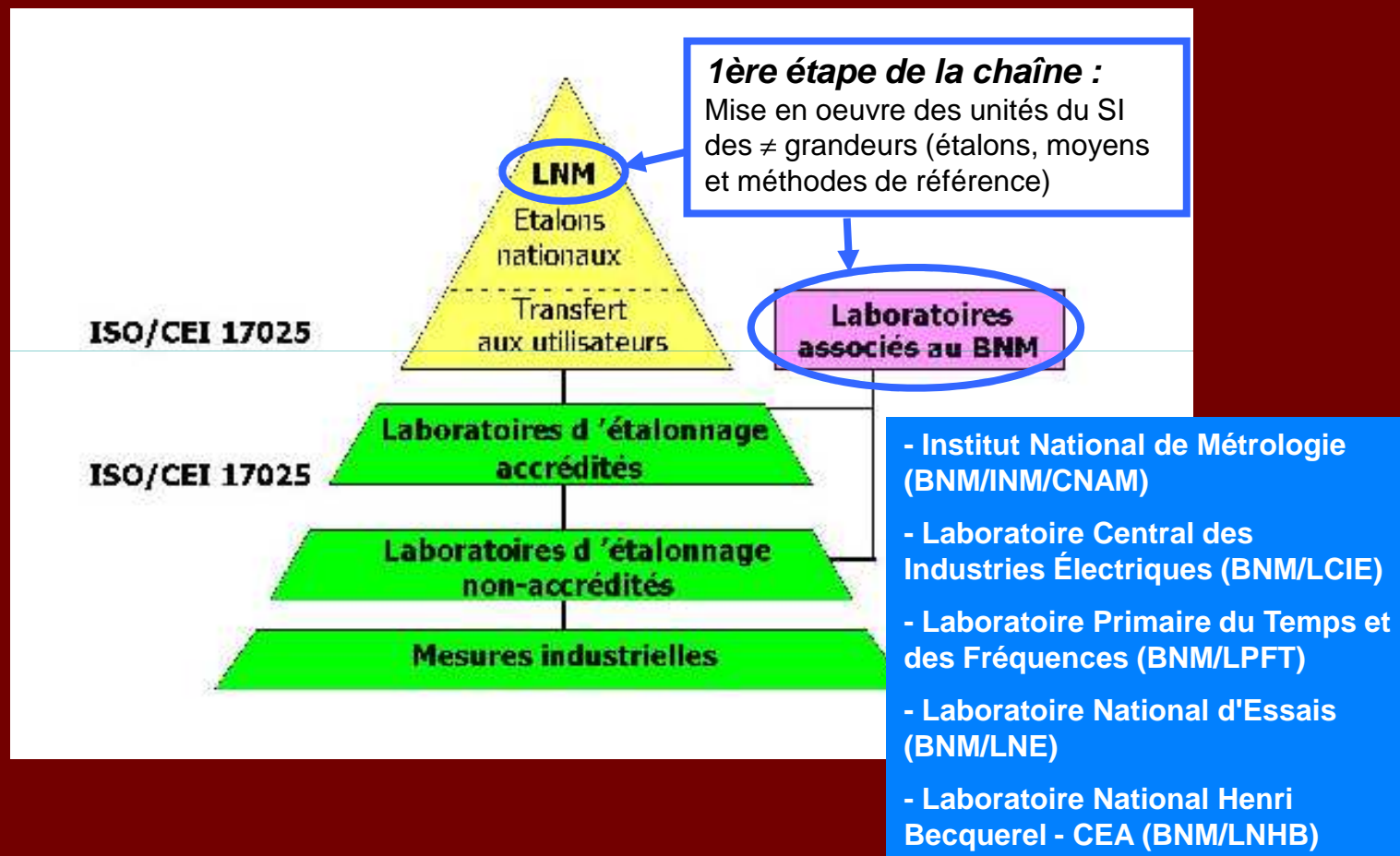


Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Les organismes qui participent à la chaîne d'étalonnage, sont des laboratoires situés à différents niveaux de précision par rapport aux laboratoires primaires qui constituent le sommet de la hiérarchie des mesures. Selon les pays, le système des chaînes d'étalonnage est un système à deux ou trois niveaux, la plupart des pays adoptent le système à trois niveaux faisant appel à trois types de laboratoires :
 - laboratoire primaire (niveau 1),
 - laboratoire d'étalonnage secondaire (niveau 2),
 - laboratoire de métrologie d'entreprises (niveau 3).



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

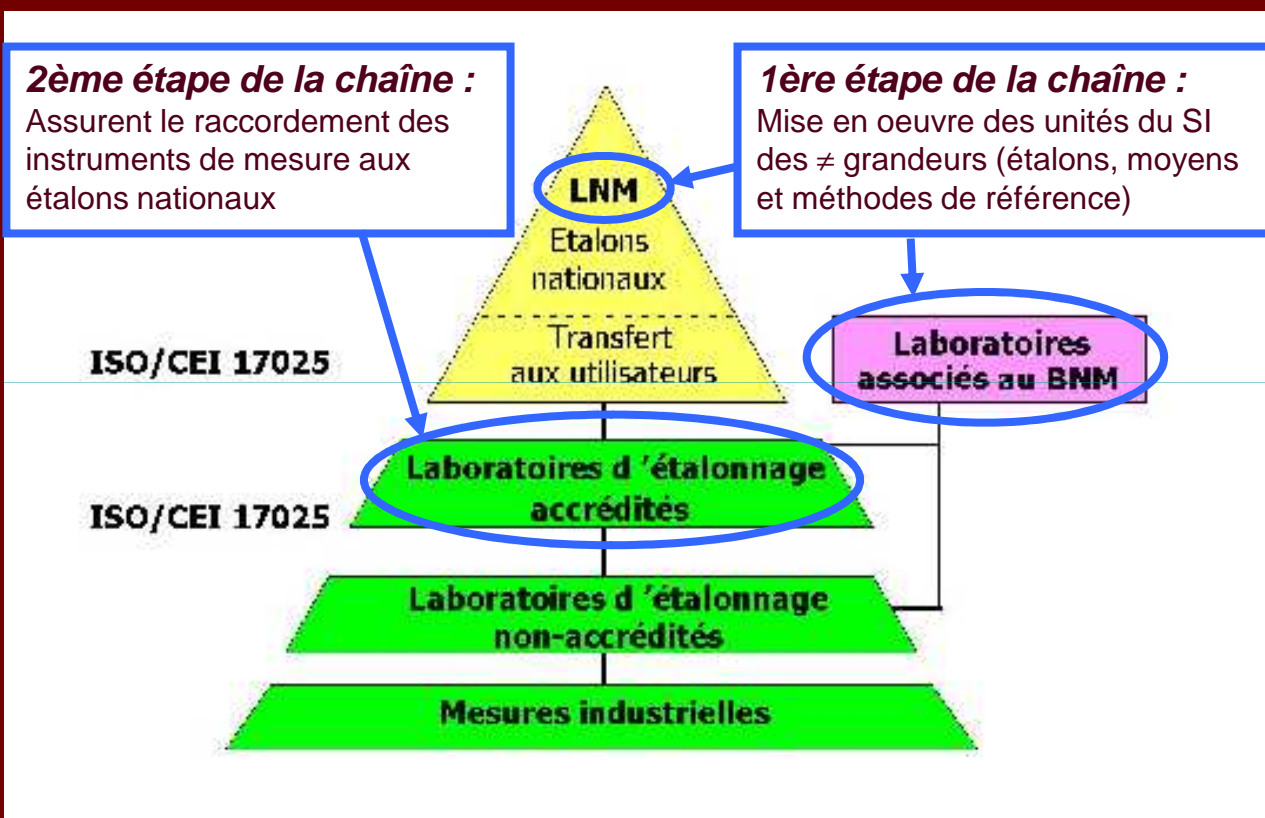


Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Les laboratoires primaires :
 - Ce sont les laboratoires de référence nationaux pour des grandeurs données.
 - Leur activité s'apparente à une activité de recherche.
 - Leur principal objet est la **conservation** des étalons primaires et la réalisation des travaux de recherche permettant l'**amélioration** des précisions de mesure et leurs exactitudes.



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Les laboratoires d'étalonnage secondaires :
 - Ils se placent en second rang après les laboratoires primaires.
 - Ils se définissent comme étant des organismes chargés d'effectuer des étalonnages de précision à la demande des laboratoires et des industriels.
 - Ils sont les interlocuteurs directs de l'utilisateur ou du constructeur d'IdM.
 - Leur mission consiste à **assurer** le **raccordement** de tout IdM à leur **étalons** de référence ou secondaires.

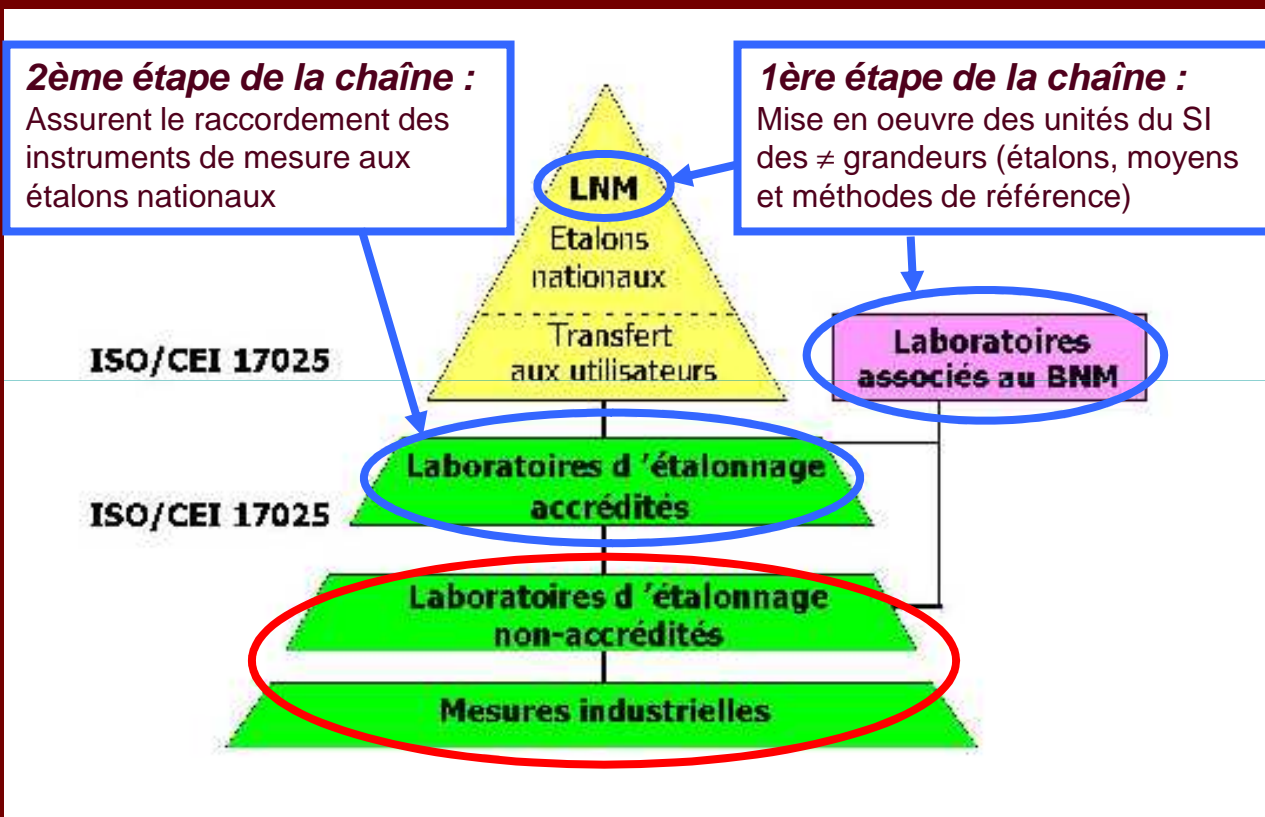


Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Ils sont appelés à délivrer des documents officiels d'étalonnage (**certificats d'étalonnage**), après chaque opération d'étalonnage, sous la responsabilité de l'organe chargé de superviser le système national des chaînes d'étalonnage.
- Pour cela, leurs étalons de référence sont à raccorder périodiquement aux étalons de référence des laboratoires primaires.
- Ces laboratoires servent en particulier à étalonner les références des laboratoires d'essais et d'analyse.



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

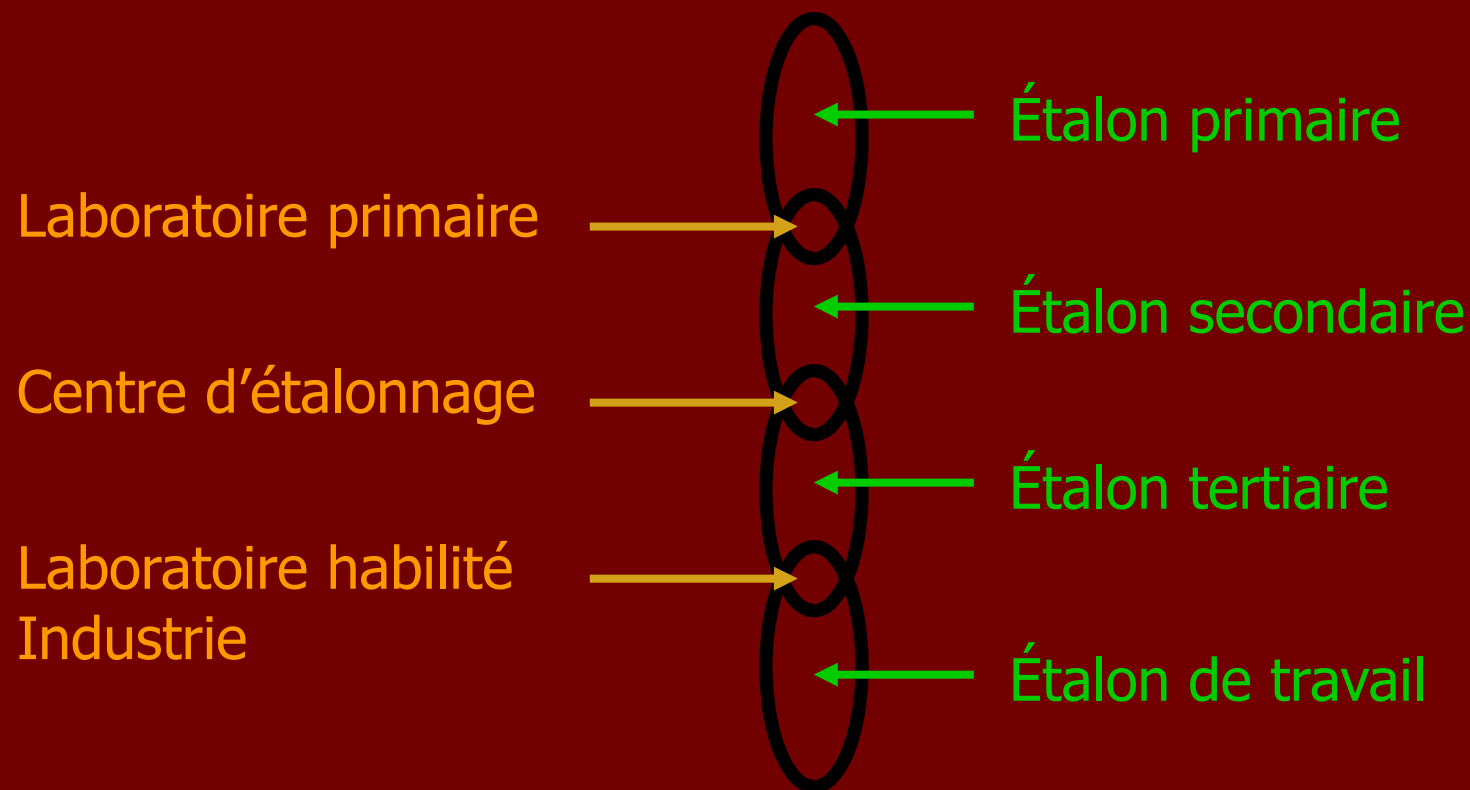


Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

- Les laboratoires de métrologie d'entreprises (tertiaires) :
 - Toute entreprise dont la métrologie tient une place importante et qui dispose des moyens humains et matériels adéquats, peut se doter de son propre laboratoire pour réaliser l'étalonnage de son parc d'instruments et aussi effectuer des étalonnages à des tiers.
 - L'étalon de référence de ce laboratoire doit être raccordé à un laboratoire d'étalonnage secondaire, ce qui lui confère le niveau de précision tertiaire.



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement

maillons

étalon SI

étalon labo 1

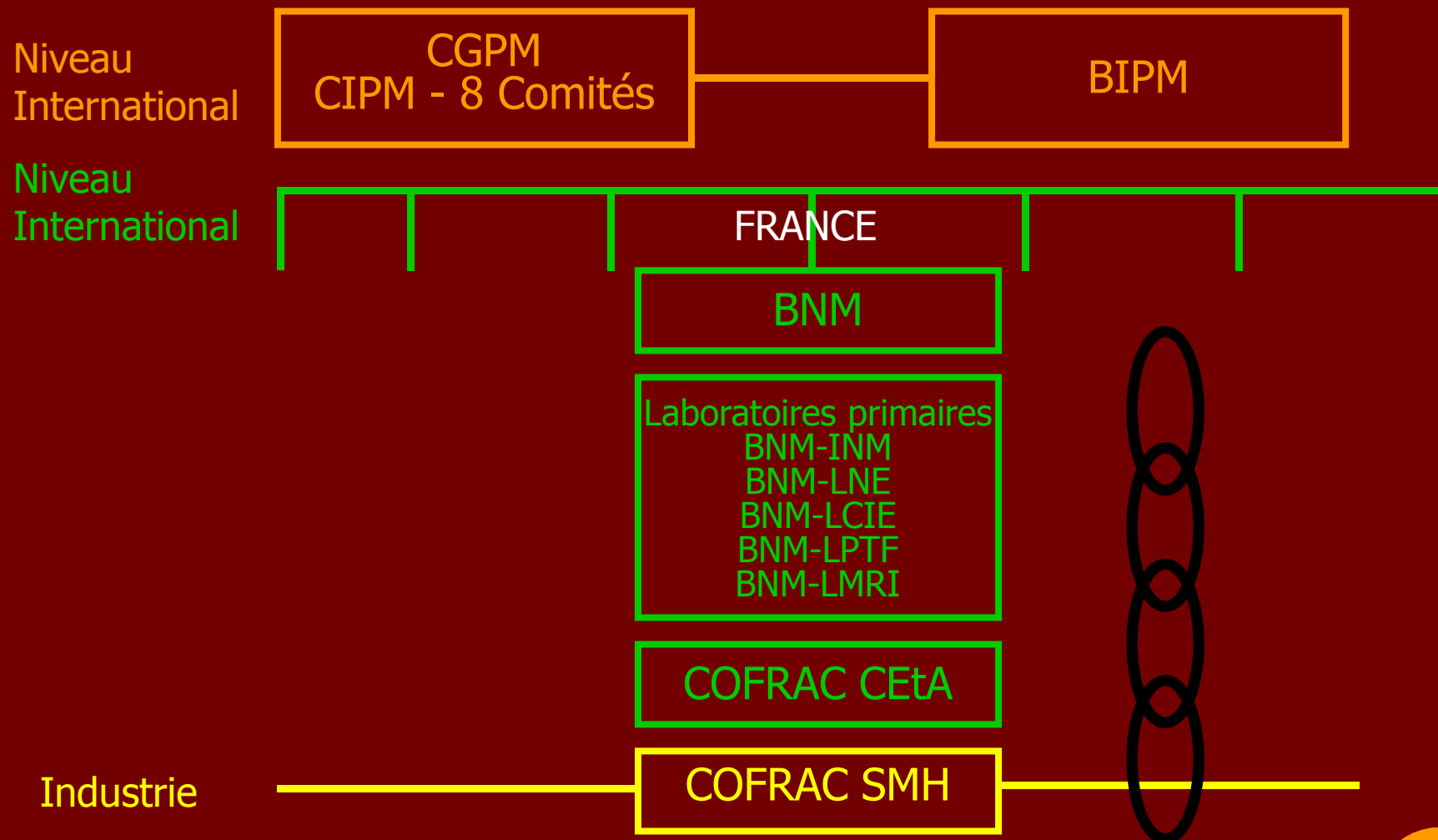
étalon labo 2..

instrument de
mesure

incertitudes



Organisation de la métrologie - Chaîne de raccordement



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Maîtrise du processus de mesure

Maîtriser la déclaration de conformité
Maîtriser la confiance donnée à un résultat
Aider à maîtriser le processus de fabrication

Maîtrise du processus de fabrication

Exploiter les cartes de contrôle (MSP)
Maîtriser les moyens de fabrication
Réduire les non-conformités

Réduction du coût de revient du produit

**MESURE = Outil
d'amélioration**

***Augmenter la
satisfaction
du client***

***Améliorer la
qualité***



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Une bonne **gestion** des équipements de mesure dans une entreprise, nécessite de prendre en compte :

- l'**analyse** du **besoin** et le **choix** des équipements,
- la **réception**, la **mise en service** et le **suivi** des moyens,
- l'**étalonnage**, la **vérification**,
- le **raccordement** aux étalons nationaux (ou internationaux).



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Analyse du besoin

(Responsabilité = service utilisateur)

- Mesurande
- Plage de mesure, cible(s), précision
- Tolérance
- Criticité QSE et réglementaire (impact sur la vie de la société)
- Environnement d'utilisation et grandeurs d'influence
- Documentation associée...

Grandeur

1000 g

+

Tolérance

5 g

+

**Unité de
mesure**

1 g



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Analyse du besoin



Ce qui convient à l'un ... ne convient pas forcément à l'autre !



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Choix d'un équipement de mesure

(Service utilisateur + Achats + Métrologie)

- Le **choix** d'un équipement de mesure résulte de la prise en considération des besoins techniques (classe de précision, la justesse, fidélité, sensibilité des IdM) et des conditions économiques commerciales (achat, location).



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Choix d'un équipement de mesure

- Définir le ou les processus de mesure pouvant contenir l'équipement.
- Déterminer les conditions d'exploitation des résultats de justesse de l'équipement : il n'est pas envisagé ou il est envisagé d'effectuer des corrections.
- Il n'est pas envisagé d'effectuer des corrections : détermination des classes d'exactitude (**Vérification**).
- Il est envisagé d'effectuer des corrections : utilisation des valeurs conventionnellement vraies (**Étalonnage**).



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Choix d'un équipement de mesure

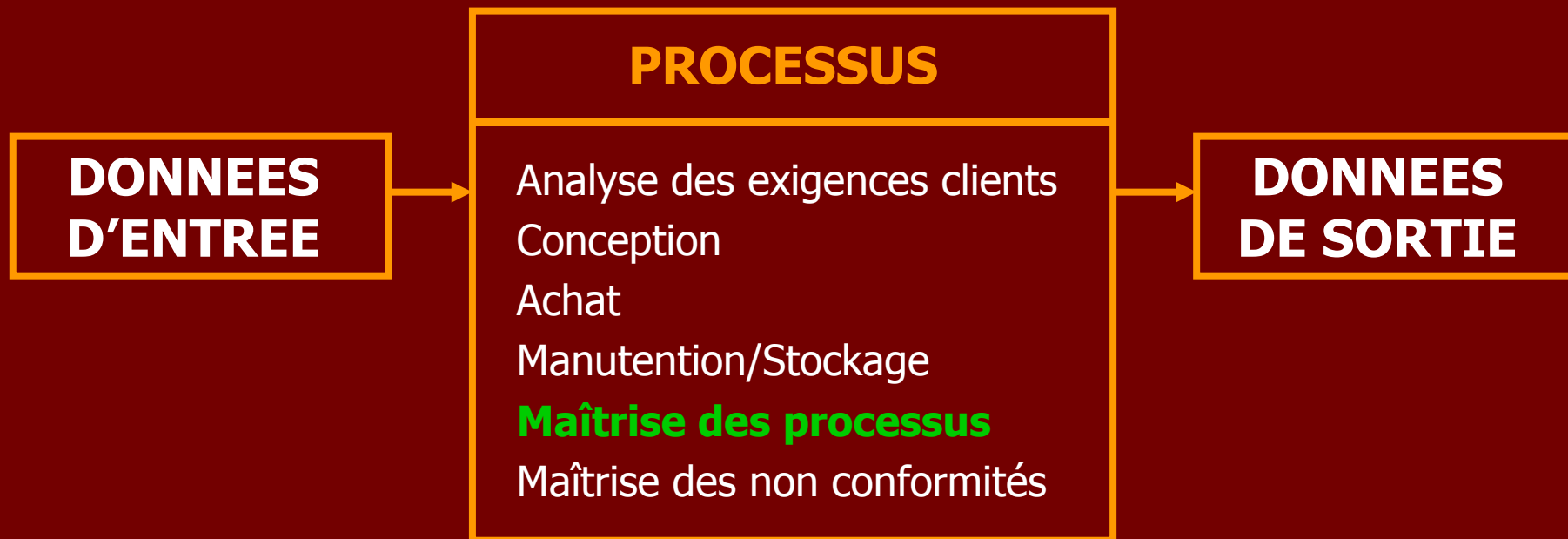
- Généralement, le moins contraignant pour l'entreprise est de travailler avec des classes d'exactitude.
- Détermination des incertitudes de mesures probables du processus de mesure.
- Détermination des tolérances minimales vérifiables, pour un coefficient de capabilité donné.
- Détermination des Erreurs Maximales Tolérées (**EMT**), pour un coefficient de capabilité donné.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Management des processus

Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Maîtrise des processus

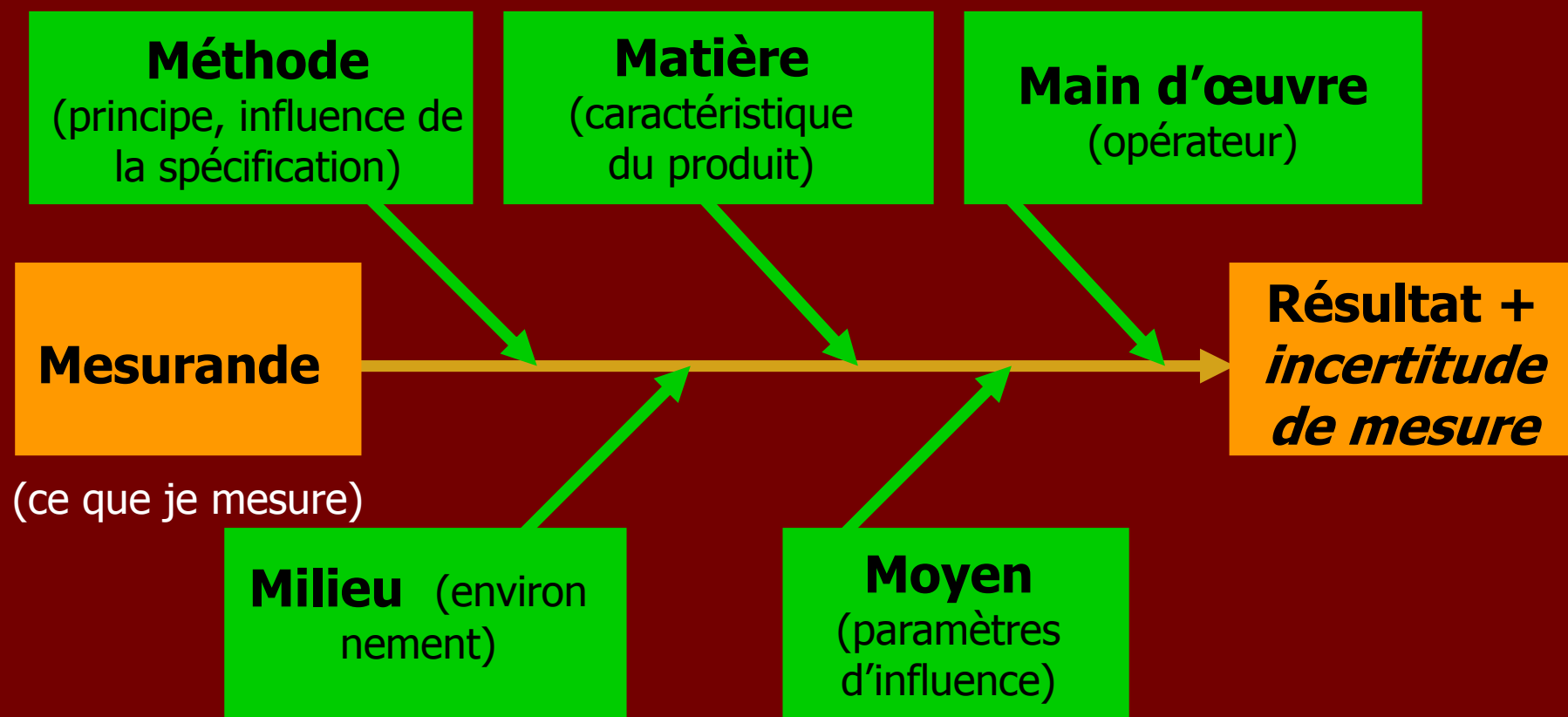
- Utilisation d'équipement pour la production.
 - ➔ Maîtrise statistique des processus
- Mise à disposition d'un environnement de travail approprié.
- Utilisation d'équipements de mesure, contrôle et essai capables d'apporter l'exactitude nécessaire dans des conditions d'utilisation définies.

➔ *Processus de mesure*



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Processus de mesure



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Processus de mesure

- Les caractéristiques de mesurande sont spécifiées
- L'appareil est raccordé aux étalons et vérifié
- L'opérateur est formé, qualifié
- La méthode est décrite : procédure, mode opératoire
- Les grandeurs d'influence sont définies et maîtrisées



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Grandeurs d'influence d'un processus de mesure

- Personnel (accès)
- Température
- Hygrométrie
- Pression
- Gravité
- Vibration
- Ondes électromagnétiques
- Poussières
- Etc...



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Capabilité d'un processus de mesure

Aptitude d'un processus de mesure à vérifier la conformité d'une caractéristique à sa spécification.

Coefficient de capabilité :

Rapport entre la tolérance de la caractéristique à vérifier et l'incertitude de mesure élargie.

$$C = \frac{T}{U}$$

Diagram illustrating the formula for the Capability Coefficient (C):

- T (Tolérance) is the numerator.
- U (Incertitude élargie) is the denominator, circled in orange.
- C (Coefficient de capabilité) is the result.
- An arrow points from the circled U to the text "L'influence des 5 M".



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Détermination de l'EMT

- Le processus de mesure doit être apte à déclarer la conformité d'une caractéristique à sa spécification (capabilité).
- Le coefficient de capabilité est égal à $C = \frac{T}{U}$
- Le coefficient de capabilité est calculé ou fixé par l'entreprise.
- C et T étant connu, U est calculé et $U = 2u_c$

$$u_c = \sqrt{\sum u_A^2 + \sum u_B^2 + \frac{EMT^2}{3}}$$

- La connaissance du processus de mesure permet de déterminer l'EMT.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Choix des étalons

- L'incertitude de l'appareil peut être comprise entre un tiers, un quart et un dixième des EMT.
- Dans certains cas difficiles, le rapport peut être pris à un demi (NF X 07-010).

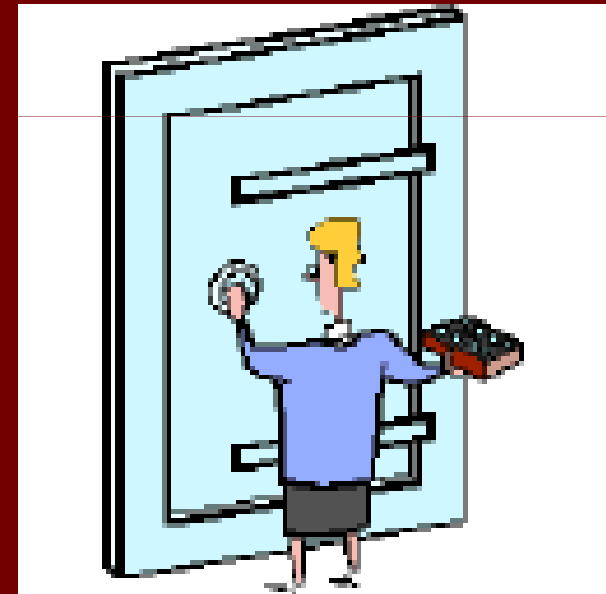


Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Suivi des étalons

Responsabilité = service métrologie

- Réception, identification
- Suivi, stockage et préservation
- Raccordement



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Réception, mise en service et suivi des moyens

Une fois les équipements acquis, la fonction métrologie s'assure de la réalisation de plusieurs opérations :

- Sans aucun doute l'établissement d'un **inventaire** est l'opération la plus importante.
- Seule une bonne connaissance du parc d'instruments permet un suivi efficace, ceci est rendu possible par l'établissement de fiches individuels pour tout matériel (**fiche de vie**). Ces fiches contiennent l'enregistrement de toutes les opérations effectuées sur le matériel afin d'en suivre les performances et d'avoir un **historique**.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'identification

- Chaque IdM est identifié par un numéro indélébile (si possible gravé), matricule individuel et unique destiné à lui associer sans risque de confusion tous les documents qui lui sont relatifs.
- Les documents porteront ce numéro d'identification.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'affectation

- La confirmation métrologique d'un équipement de mesure est faite par rapport à un besoin ou une gamme de besoins.
- Son affectation résultera de son aptitude à satisfaire le ou les besoins, elle peut figurer dans l'inventaire ou la fiche de vie.
- Pour permettre sa gestion pratique, la localisation de l'équipement de mesure sera indiquée sur la **fiche de vie** par exemple.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'étiquetage

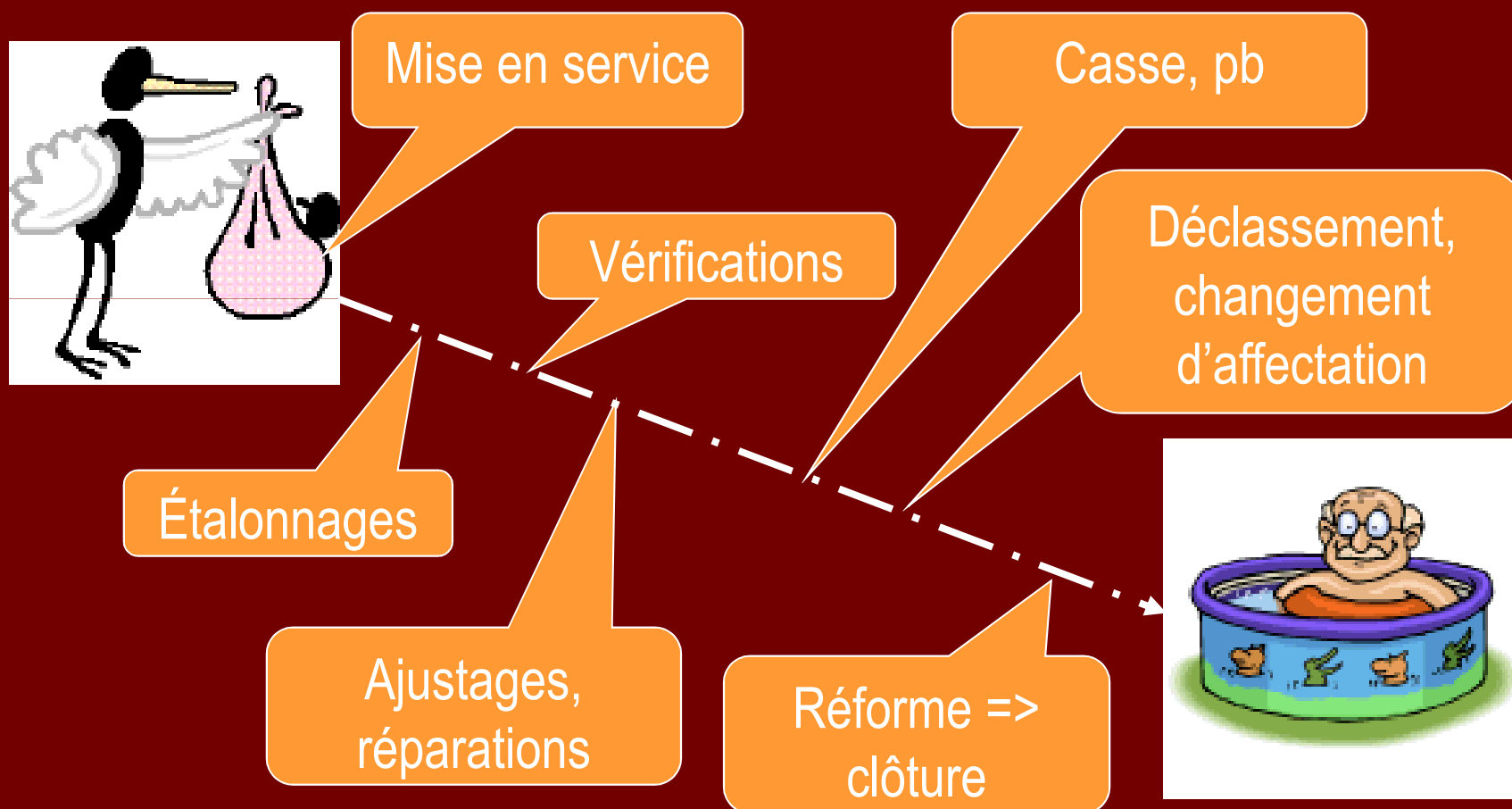
- Une étiquette, positionnée sur l'IdM pour être immédiatement visible par tous les utilisateurs potentiels, renseignera sur la période de validité de la conformité métrologique :
 - date du dernier étalonnage ou vérification
 - n° du certificat ou constat de vérification en cours de validité, localisation ...
 - date du prochain étalonnage ou vérification

Note : si l'instrument n'est pas soumis au suivi métrologique périodique, l'étiquette l'indiquera explicitement.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

La fiche de vie



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

La fiche de vie

- Permet à une entreprise de suivre l'évolution dans le temps de ses appareils et de consigner la nature et le résultat des différentes interventions (étalonnage, vérification, entretien ou réparation).
- Carte d'identité de l'IdM :
 - Nom de l'instrument, n° d'identification
 - Réf. du fournisseur, date d'achat (prix?)
 - Réf. de la procédure d'étalonnage, vérification
 - Toutes interventions métrologiques
 - Toutes opérations de maintenance
 - Aptitude au service
 - Localisation ...



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

La documentation

- Tous les documents relatifs à la fonction métrologie seront rangés dans un local affecté, le plus proche possible des instruments de mesure voire dans le laboratoire de métrologie s'il existe.
- Les documents sont pour l'essentiel des outils de travail destinés à garantir les résultats de mesure. Les certificats d'étalonnage, constats de vérifications, fiches de vie, notices techniques... contiennent des informations précieuses et indispensables pour la maîtrise du processus de mesure.
- Des logiciels spécialisés sont disponibles sur le marché pour gérer les documents et les équipement (ex : **SPLIT 4**, DECA, EPSILON...).



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'étalonnage, la vérification

Responsabilité = service métrologie

Les opérations d'étalonnage ou de vérification sont des opérations indispensables qui rendent significatives les indications fournies par les équipements de mesure. Ces opérations n'incluent aucune intervention sur l'équipement de mesure. Elles sont fondées sur la comparaison à un étalon de référence de l'entreprise.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'étalonnage, la vérification

- Étalonnage => certificat (ou document) d'étalonnage
- Vérification => constat de vérification
- Si sous-traitance : cahier des charges / contrat



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

L'étalonnage, la vérification

- **Dérogations :** (responsabilité = AQ)
Utilisation si non conforme, si période de vérification non respectée, si plage de mesure et/ou cible non respectée ... : ENREGISTREMENT
- **Modifications :** (responsabilité = idem expression des besoin)
Changement d'affectation, de plage de mesure, de cible(s), de précision souhaitée, de tolérance souhaitée, de criticité QSE et réglementaire ... : ENREGISTREMENT



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Périodicité d'étalonnage

- La périodicité est un intervalle de temps (probabiliste) à l'intérieur duquel la probabilité est forte pour que la dérive d'un équipement donné n'ait pas dépassé des limites acceptables pour l'entreprise. Une périodicité doit donc pouvoir être justifiée.
- déterminé en fonction de l'utilisation de l'IdM.
- la périodicité sera affinée progressivement.
- tout « accident » déclenchera une opération immédiate de raccordement.
- la surveillance quotidienne.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Le quotidien de l'entreprise

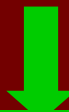
Lorsque l'étalonnage ou la vérification est réalisé :

- Soit l'équipement est jugé **apte** à être remis en service.

Conclusion : périodicité **trop courte**

- Soit l'équipement de mesure est déclaré **non-conforme** pour un usage donné.

Conclusion : périodicité **trop longue**



Impact économique



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Conséquences de l'optimisation des périodicités

- En majorité, allongement des intervalles
- Responsabilisation des acteurs de la mesure pour maîtriser le processus de mesure (**1 des 5 M**)
- Mise en place de l'auto-contrôle
- Mise en place de processus de surveillance
- Amélioration continue de la maîtrise des processus de mesure



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Le raccordement aux étalons nationaux

- Le raccordement est la base de la métrologie, il permet d'assurer la cohérence des résultats des mesures.
- Il est donc indispensable que l'entreprise possède des étalons de référence et de les faire comparer à des références nationales (ou internationales), par le biais des laboratoires d'étalonnage accrédités.
- Le bon choix de la périodicité du raccordement est primordial puisqu'une erreur commise sur un étalon peut avoir des conséquences beaucoup plus importantes que celle commise sur un IdM.



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

- Liste récapitulative des IdM

- Gestion du suivi
- l'identification
- la fiche de vie
- le raccordement aux étalons
- le suivi métrologique périodique
- l'étiquetage
- l'affectation
- la documentation

Idem pour
les **étalons**



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

- Création d'un « dossier matériel » par appareil

- fiche technique
- instructions d'utilisation
- mode opératoire de vérification/étalonnage
- fiche de vie
- rapport d'intervention

Idem pour les **étalons**

- Planning des raccordements



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Gestion du suivi des IdM et étalons

Réception, identification

Suivi, stockage et préservation

Raccordement

- Vérification de l'intégralité de l'emballage
- Vérification de l'adéquation des caractéristiques de l'équipement reçu en fonction des documents contractuels (cahier des charges, BL)
- Documentation associée : certificat de raccordement
- Identification à réception et codification : idem équipement
- Inscription sur l'inventaire





Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Gestion du suivi des IdM et étalons

**Réception,
identification**

**Suivi, stockage
préservation**

Raccordement

- Fiche de vie
- Mission de l'étalon : servir de REFERENCE 
- Stockage : sous accès contrôlé !
- Préservation : tenir compte des facteurs d'influences, des conditions prescrites par les fabricants / fournisseurs (T, H, lumière ...) 
- Utilisation par personnel habilité



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

Gestion du suivi des IdM et étalons

**Réception,
identification**

**Suivi, stockage et
préservation**

Raccordement

- Périodicité (idem que pour les équipements) :
 - Unité / choix initial, en fonction entre autres du certificat de raccordement reçu / révision suite à problème / révision périodique
 - Tolérance admise par rapport au planning de raccordement formalisée



Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure

- Avantages d'une « Fonction Métrologie » :
 - Économie (achat, étalonnage, temps)
 - Homogénéité du parc matériel, disponibilité matériel
 - Compétences (formation du personnel, savoir faire)
 - Qualité du travail (responsabilité, motivation, temps)
- Logiciels (ex : SPLIT 4)



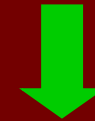
Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

- **Système Qualité** du laboratoire de préservation du Bois (UPR Bois tropicaux / Persyst) :
 - Reconnu suivant la norme **EN 45001** (2001-02)
 - Reconnu suivant la norme **ISO 17025** (oct. 2003)
 - Accrédité Cofrac suivant la norme **ISO 17025** (jan. 2006)



« *Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais* »



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

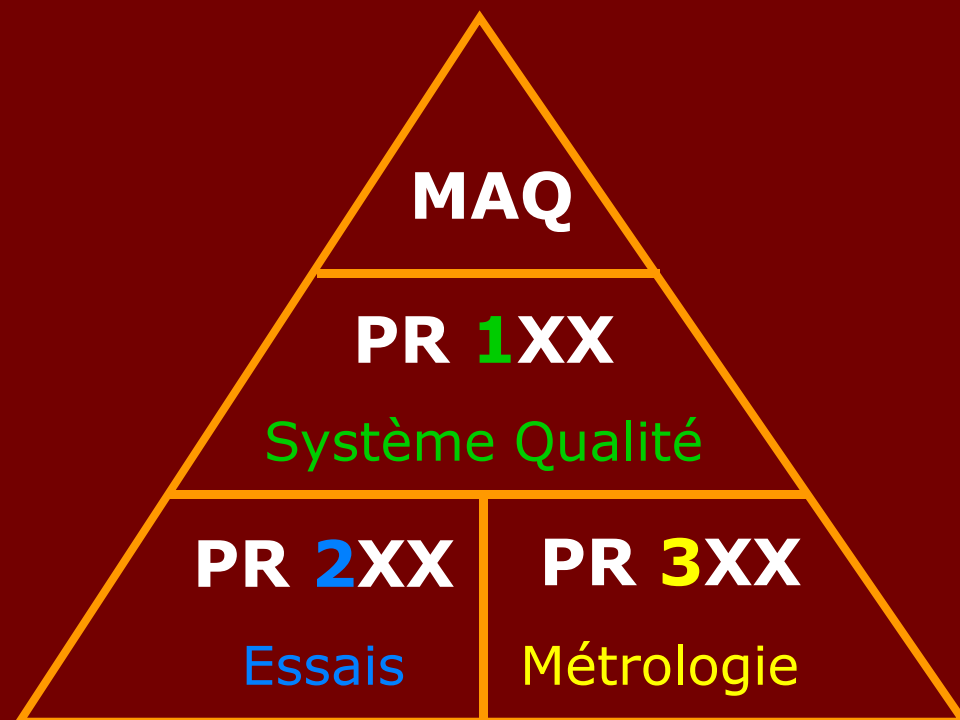
- Accents de l'**ISO 17025** :
 - Formation et **maintien** de la qualification
 - **Maîtrise** de l'environnement d'essai
 - Calculs d'**incertitudes**
 - Maîtrise des moyens **informatisés**
 - Essais **inter-laboratoires**



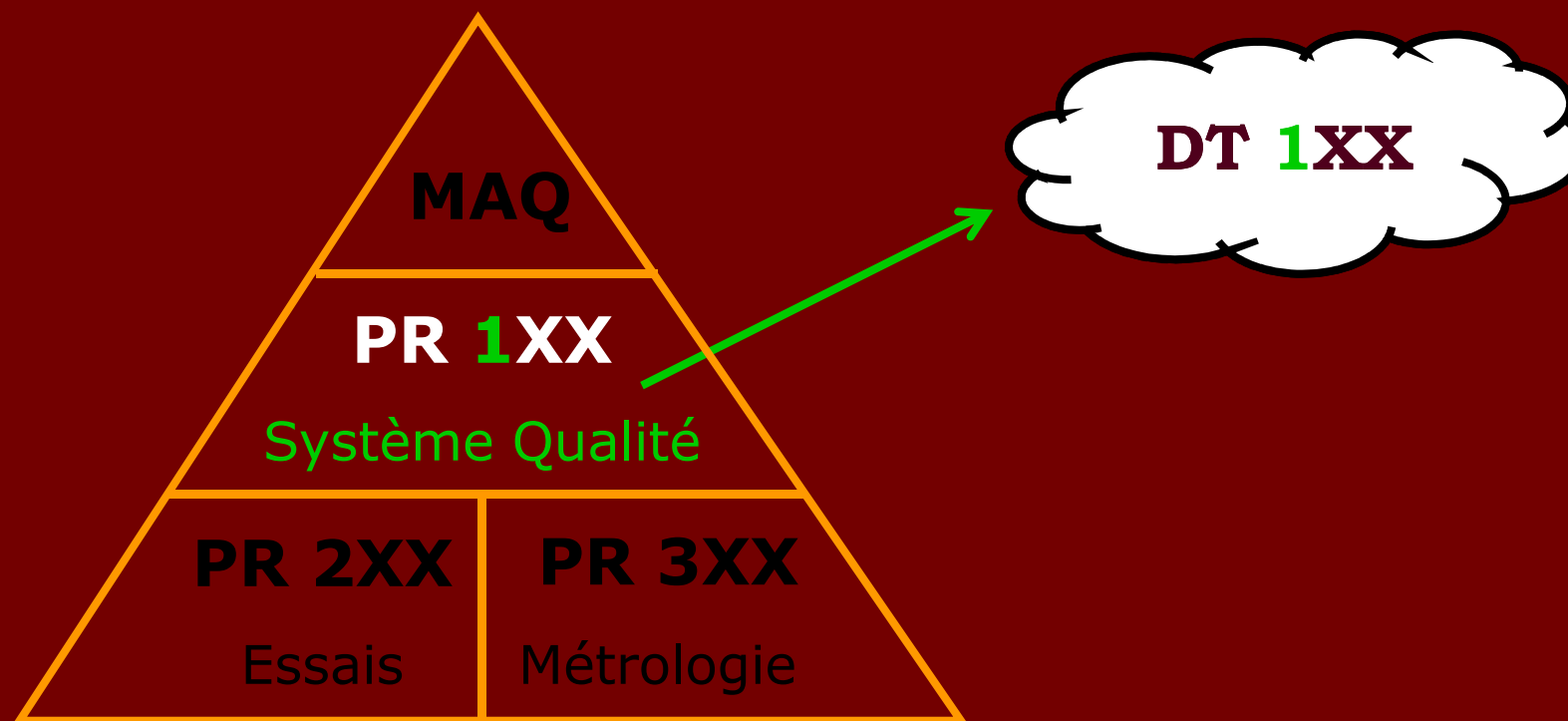
Fonction Métrologie



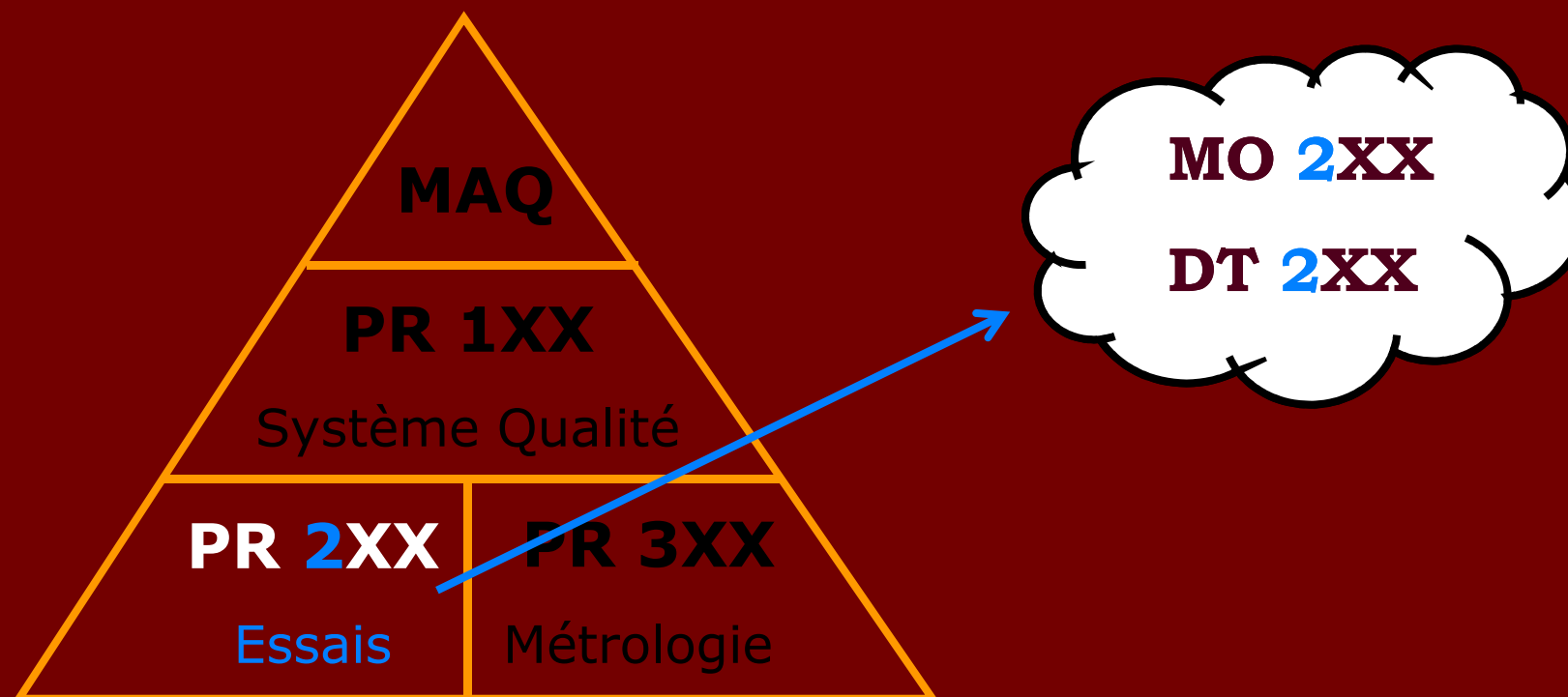
Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)



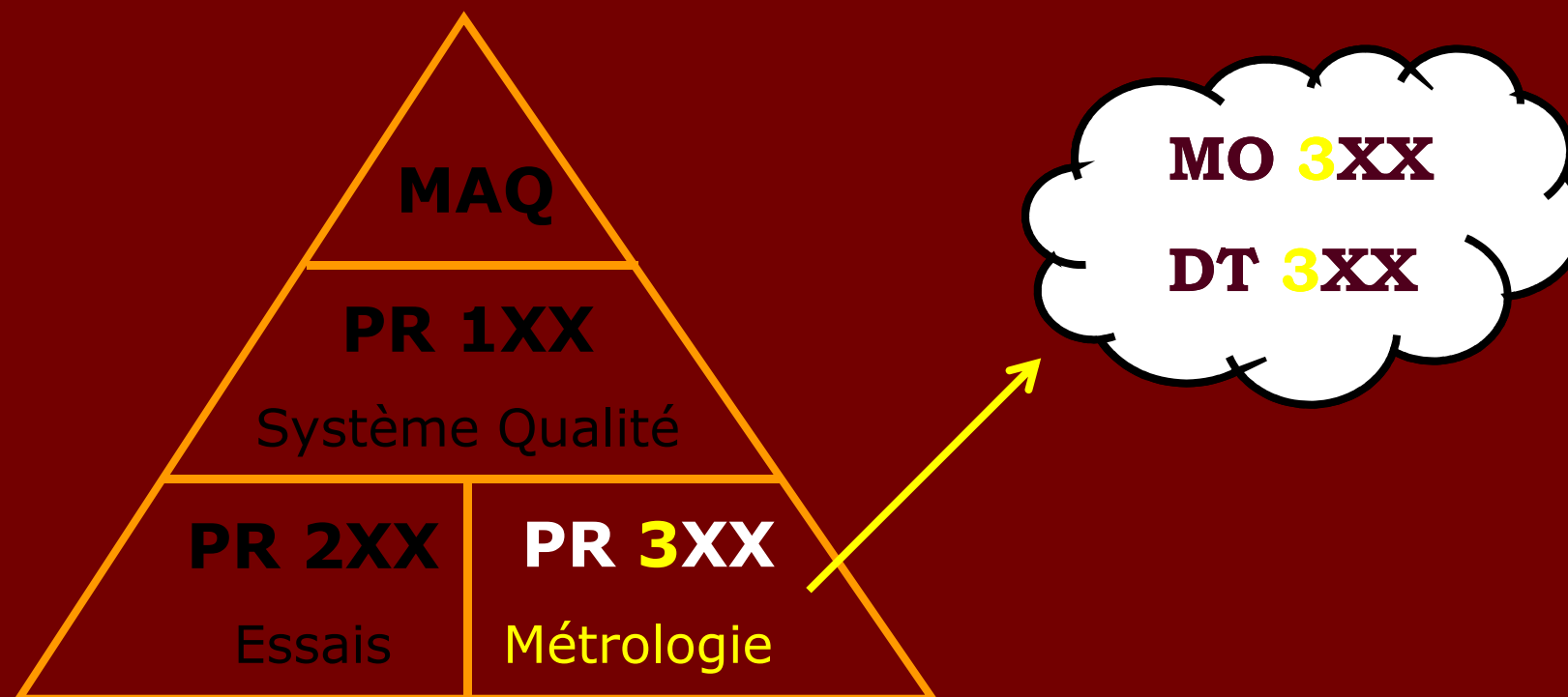
Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)



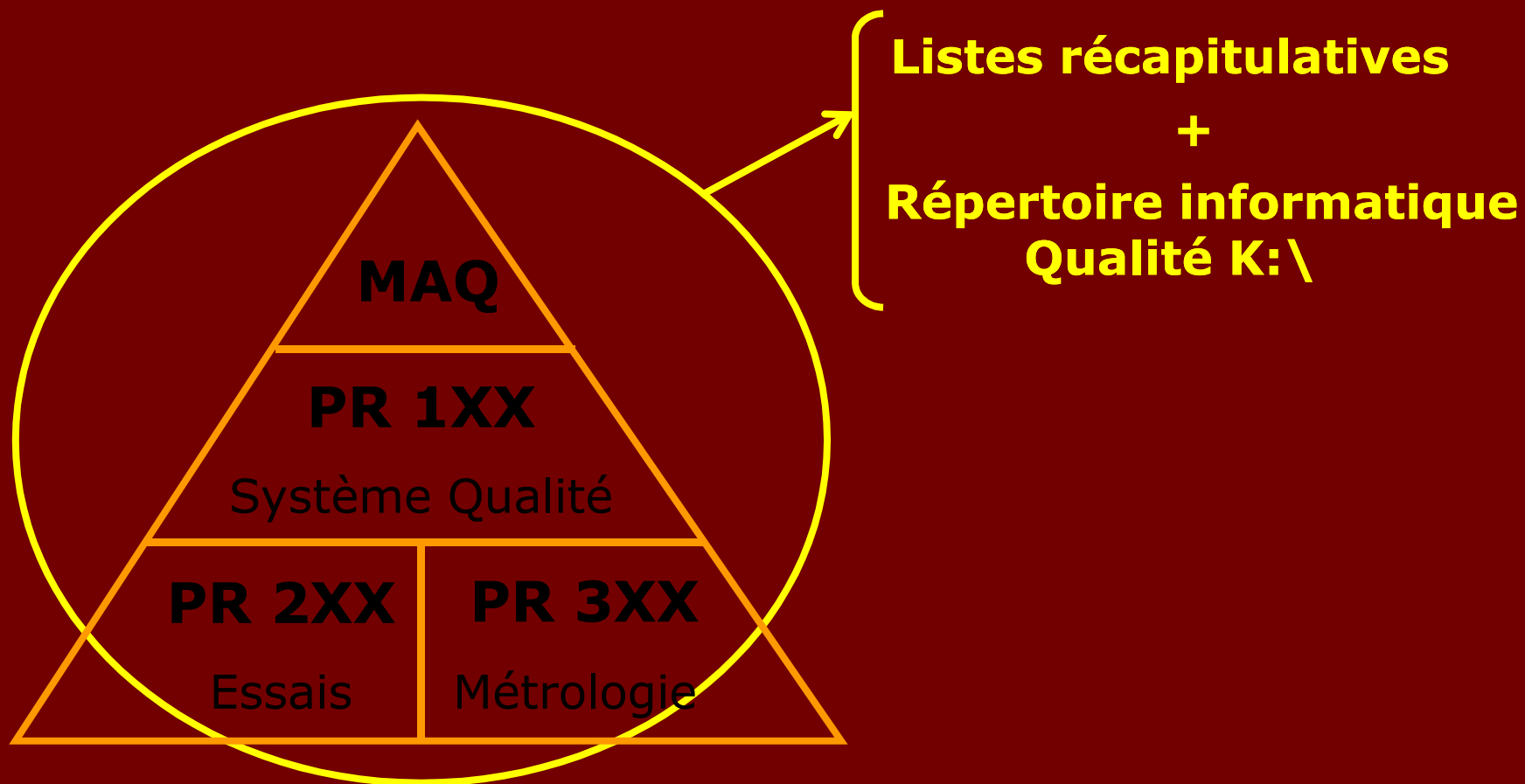
Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

Rôle de la gestion documentaire

- Gestion des listes



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

Rôle de la gestion documentaire

- Gestion des listes
- Assurer l'adéquation entre :
Documentation « Papier »



Documentation « Informatique »



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

Rôle de la gestion documentaire

- Gestion des listes
- Assurer l'adéquation entre « papier et « informatique »
- Détection des anomalies
Mise en place d'actions
curatives et/ou correctives



Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (*ISO 17025*)

Rôle de la gestion documentaire

- Gestion des listes
- Assurer l'adéquation entre « papier et « informatique »
- Détection des anomalies
- Diffusion de la documentation



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Exemple d'une vérification interne

Objectif d'un étalonnage ou d'une vérification d'un IdM

- Être garant de la qualité et de la fiabilité des mesures fournies par l'instrument de mesure
- Pour ce faire : méthodes spécifiques en cohérence avec le système national d'étalonnage



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification



PIED 62



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

- Carte d'identité de l'IdM
- Localisation
- Spécifications techniques
- Conditions de stockage et d'utilisations particulières





FICHE TECHNIQUE

Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/1

N° de PARC :	PIED 62	Désignation :	Pied à coulisse	Localisation :	Menuiserie
--------------	----------------	---------------	------------------------	----------------	-------------------

Fabricant : MITUTOYO
Fournisseur : RADISPARES
Numéro de code : CD-20DC
Numéro de modèle : 500-162U
Numéro de série : 02063729

Date de réception : 04 12 03
Date de mise en service : 20 01 04

Conditions d'environnement : Conditions ambiantes

Utilisation : Mesure de côtes sur éprouvettes de bois

Caractéristiques techniques :

Etendue de mesure : 200mm

Résolution : 0,01 mm

Erreur de mesure : $\pm 0,02$ mm

Répétabilité : 0,01 mm

Vitesse de déplacement maximale : Pas appliquée (pas d'erreur de comptage due à la vitesse)

Alimentation : Pile type SR44
Durée de la pile : 3 à 5 ans en utilisation normale

Température de stockage : -10 à 60°C
Température d'utilisation : 0 à 40°C

DOCUMENTATION DISPONIBLE

Bon de commande	Bon de réception	Documentation technique	Instructions d'utilisation	Mode opératoire de vérification	Fiche de vie	Rapport d'intervention
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Périodicité de vérifications :	Interne :	6 Mois (± 1 mois)
	Externe :	- Mois (\pm - mois)

Responsable : RAQ ou IM (voir la liste des appareils)



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

- Personnel habilité
- Utilisation (normes, essais...)
- Précautions d'utilisation (mode d'emploi, emplacement, configuration...)
- Mode d'utilisation (manuel, interfacé...)
- Maintenance (nettoyage avant utilisation...)





INSTRUCTIONS D'UTILISATION

Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/3

IU 302

Pied à coulisse Digimatic

Version 02

TRAME INFORMATIQUE: K:\Métrologie\Instructions d'utilisation\IU302-02 (Pied à coulisse).doc

SOMMAIRE

1	Précautions d'utilisation	2
2	Réglage de l'origine.....	2
3	Mode d'utilisation.....	2
4	Maintenance.....	2
5	Messages d'erreur.....	2

COPIE

REDACTION (date, visa)	VERIFICATION (date, visa)	APPROBATION (date, visa)
le 26/07/02 	le 30.07.02 le Rap 	le 30/07/02 le RE

DT301-01



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

- Périodicité des vérifications internes et externes
- Maintenance
- Observations
- Fiche d'anomalie



Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/1

N° de PARC :

PIED 62

Désignation :

Pied à coulisse Digimatic

Localisation :

Menuiserie

VERIFICATIONS INTERNES (Périodicité : 6 Mois \pm 1 Mois)

Date	Agent	Observation / n° fiche d'anomalie	Date rapport d'intervention	Conformité (o / n)
03/02/04	RAQ	Vérification - PIED 62 - 040203.x1s	03/02/04	oui
05/05/04	RAQ	Vérification - PIED 62 - 040203.x1s	05/05/04	oui
23/02/05	RAQ	Vérification - PIED 62 - 050203.x1s	23/02/05	oui
11/07/05	RAQ	Vérification - PIED 62 - 050811.x1s	11/06/05	oui
14/01/06	RAQ	Vérification - PIED 62 - 060114.x1s	14/02/06	oui
02/08/06	IN	Vérification - PIED 62 - 060802.x1s	02/08/06	oui

MAINTENANCE

[illegible]

Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

- Personnel habilité
- Périodicité de vérification
- Condition de mesure
- Opérations préalables
- Protocole de vérification
- Enregistrements





**MODE OPERATOIRE DE
VERIFICATION**
Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/3

MO302	Pied à coulisse	Version 03
-------	-----------------	------------

TRAME INFORMATIQUE :
K:\I_Métrologie\3_Modes opératoires de vérification MO\MO 302-03 (Pied à coulisse).doc

SOMMAIRE

1	Généralités	2
2	Personnel habilité	2
3	Références	2
4	Périodicité de vérification	2
5	Méthode de mesure	2
6	Conditions de mesure	2
7	Protocole	3
8	Exploitation des résultats	3

COPIE

REDACTION (date, visa)	VERIFICATION (date, visa)	APPROBATION (date, visa)
15/10/2004 <i>[Signature]</i> RAQ	15/10/04 <i>[Signature]</i> 117	15.10.04 <i>[Signature]</i> RE

DT302-04



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

- Ex : feuille de calcul Excel



Date du rapport : 02-août-06

Date de l'étalonnage : 02-août-06

Cale	Dimension	N° certificat	Date certificat
ETACAL2b	1,00	04CE5977	25/04/2004
ETACAL2b	5,00	04CE5978	25/04/2004
ETACAL4b	30,00	04CE5975	25/04/2004
ETACAL5b	200,00	04CE5996	27/04/2004

Conditions de mesures : salle 121

21,30 Température dans la salle 121

64,30 Humidité dans la salle 121

Ta_T_salle 22,00 Tolérance supérieure de la température dans la salle

Ti_T_salle 18,00 Tolérance inférieure de la température dans la salle

Ta_H_salle 70,00 Tolérance supérieure de l'humidité dans la salle

Ti_H_salle 60,00 Tolérance inférieure de l'humidité dans la salle

Décision concernant la température dans la salle avant les mesures :	ACCEPTATION
Décision concernant l'humidité dans la salle avant les mesures :	ACCEPTATION

Les dimensions des cales étalons proviennent de leur certificat d'étalonnage respectif. Ces valeurs sont arrondies au 100ème de mm.

Les incertitudes de mesure sur les 4 cales sont négligeables (de l'ordre de 0,1 µm / 10 µm) par rapport aux écarts provenant des 2 tests "justesse et fidélité".

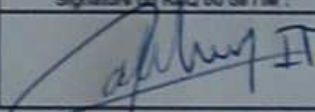
Justesse :										
Mesure N°	Lecture 1 (mm)	Lecture 2 (mm)	Lecture 3 (mm)	Lecture 4 (mm)	Lecture 5 (mm)	Moyenne V1 (mm)	VCV des cales étalons (mm)	Ej (µm)	+Ej - (µm)	Effort maximale de justesse (µm)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	24
2	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	-6	6	
3	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	5,00	-10	10	
4	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	30,00	-18	18	
5	199,99	199,99	199,99	199,99	199,99	199,99	200,00	-24	24	

Fidélité :	cale de 1 mm		cale de 5 mm		cale de 30 mm		cale de 200 mm	
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
Ecart 1 (µm)	0,97	0,99	4,95	4,99	29,94	29,99	199,92	199,99
Ecart 2 (µm)	0,96	0,99	4,97	5,00	29,95	29,99	199,91	199,99
Ecart 3 (µm)	0,97	1,00	4,96	4,99	29,95	29,99	199,90	199,97
Ecart 4 (µm)	0,96	0,99	4,97	4,99	29,95	29,99	199,94	199,97
Ecart 5 (µm)	0,96	0,99	4,97	4,99	29,97	29,99	199,93	199,97
Moyenne (µm)	0,964	0,992	4,968	4,992	29,952	29,99	199,92	199,996
1 Erreur de fidélité i (µm)	0,006	0,008	0,008	0,008	0,018	0,000	0,020	0,006
Différence des moyennes (µm)	0,028		0,026		0,038		0,048	

U (µm) 23

Ta-Ti (EN113 et EN117) 0,40 mm Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour les normes EN113 et EN117 (en mm)

Ta-Ti (EN118) 2,00 mm Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour la norme EN118 (en mm)

Norme	Cp	Décision	Signature du R&Q ou de l'IM :
EN113	8,1	ACCEPTATION	
EN117	8,1	ACCEPTATION	
EN118	40,6	ACCEPTATION	



Documentation associée nécessaire pour réaliser la vérification d'un IdM

Fiche technique

Instruction
d'utilisation

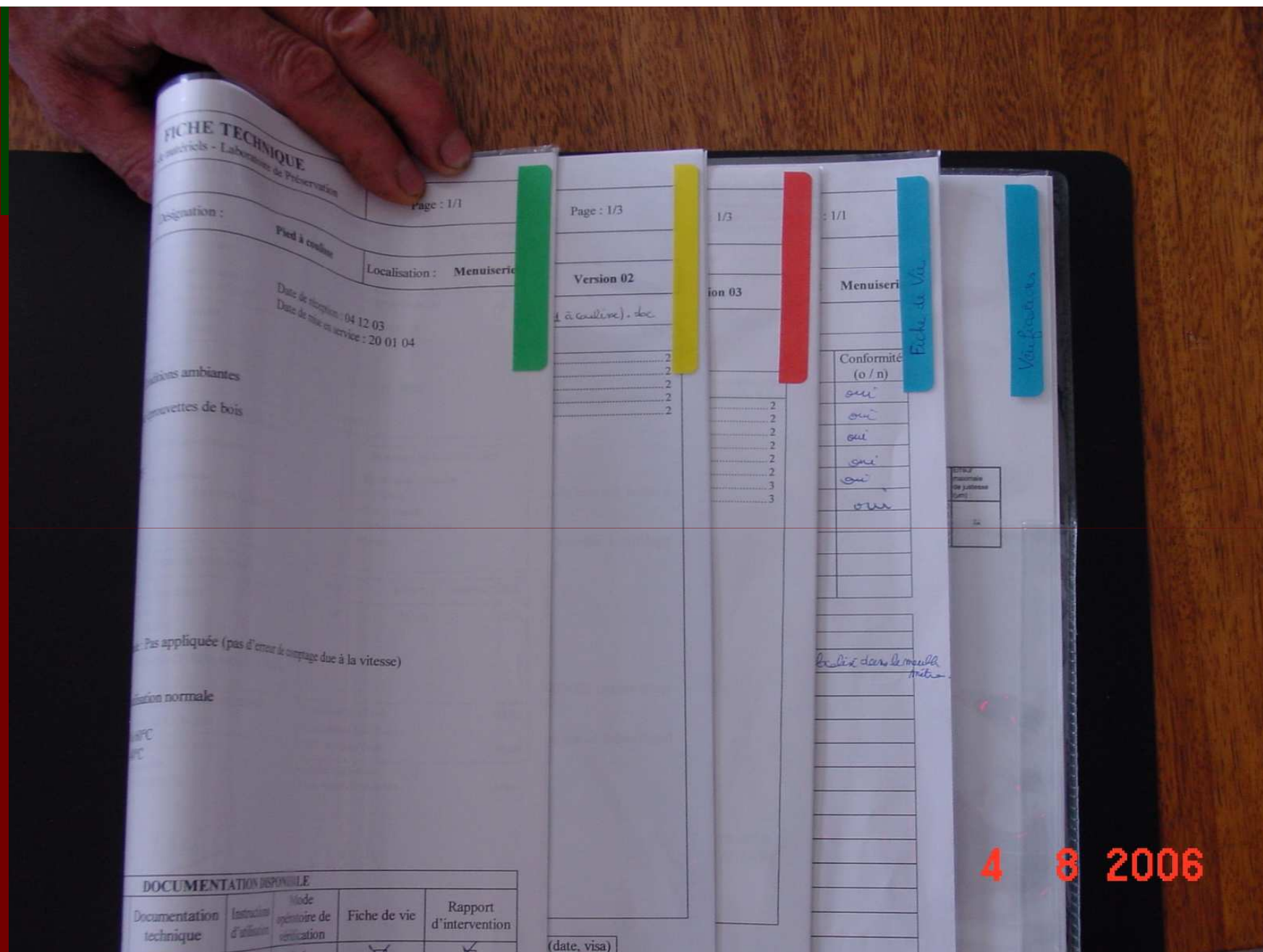
Fiche de vie

Mode opératoire de
vérification

Document type pour
réaliser la vérification

Idem pour l'IdM étalon
+ certificat d'étalonnage





Exemple d'une vérification interne d'une balance de précision



$m = 100 \text{ g}$

$m = 50 \text{ g}$

$m = 1 \text{ g}$

masses nominales

Portée = 110 g
 $d = 0.001$
 $e = 0.01$



Choix de l'étalon

$$\text{Nb d'échelons} = \frac{\text{portée}}{e} = \frac{110}{0.01} = 11000 \text{ échelons}$$

Norme NF 45501 (nov. 93)

$$\text{EMT } [0;50] = \pm e = \pm 0.01 \text{ g}$$

$$\text{EMT } [50;200] = \pm 2e = \pm 0.02 \text{ g}$$

Classe II (fine)

$$C_{P(\text{masse } 1 \text{ g})} = \frac{\text{EMT}_{(IdM)}}{2 \times \text{Tolérance}_{(\text{masse } 1 \text{ g})}} = \frac{0.02}{2 \times 0.0002} = 50 \geq 3$$

$$C_{P(\text{masse } 50 \text{ g})} = \frac{\text{EMT}_{(IdM)}}{2 \times \text{Tolérance}_{(\text{masse } 50 \text{ g})}} = \frac{0.04}{2 \times 0.0006} = 33 \geq 3$$



Suivi de la conformité des masses étalons

Vérification de la conformité des masses étalons pour les vérifications internes des balances du laboratoire														
Masse	Masse nominale (g)	Classe de la masse	Tolérance (mg)	N° certificat de la masse	Date de l'étalonnage de la masse	Masse conventionnelle provenant du CE (g)	Incertitude provenant du CE de la masse (mg)	Balances	Classe de la balance	Portée de la balance (g)	Echelon de la balance (g)	EMT de la balance pour les vérifications internes (mg)	Capacité de la masse étalon	Décision concernant la masse étalon
ETAMAS7b	1	F1	0.10	C090974/1	27/09/02	1.000040	0.030	BALA14	I	300	0.001	1	10	ACCEPTATION
								BALA15	II	110	0.01	10	100	ACCEPTATION
ETAMAS8b	50	F1	0.30	C090974/1	27/09/02	50.00011	0.10	BALA13	II	4400	0.1	100	333	ACCEPTATION
								BALA14	I	300	0.001	2	7	ACCEPTATION
								BALA15	II	110	0.01	20	67	ACCEPTATION
ETAMAS9b	100	F1	0.50	C090974/1	27/09/02	100.00016	0.15	BALA13	II	4400	0.1	200	400	ACCEPTATION
								BALA14	I	300	0.001	2	4	ACCEPTATION
								BALA15	II	110	0.01	20	40	ACCEPTATION

masses étalons

certificats d'étalonnage

balances à vérifier

décisions



Mode opératoire de vérification de la balance

Opérations préalables

- S'assurer que la balance est sous tension depuis plus de 30 minutes.
- Un nettoyage minutieux est réalisé avec les outils appropriés (pinceau, éponge, chiffon...) : carrosserie extérieure, plaque de blindage, plateau et anneau de protection après démontage de chaque partie.
- Utiliser des masses certifiées qui correspondent à la plage d'utilisation de la balance que l'on veut vérifier et les laisser se stabiliser dans la pièce où doit être réalisée la vérification.
- S'assurer, pendant la durée de la vérification, que la balance est dans de bonnes conditions d'environnement : absence de courants d'air, de vibrations, de points de chaleur, stabilité du support, horizontalité (bulle de réglage).
- Les masses doivent être manipulées avec précaution au moyen de gants « précision ».



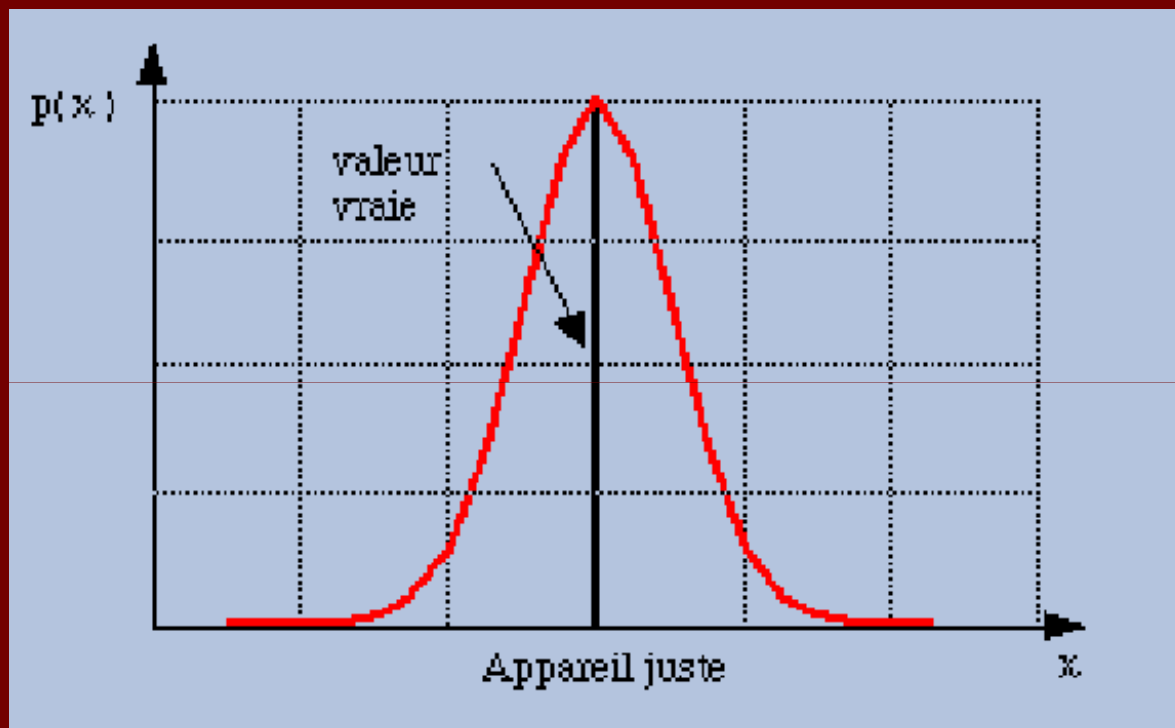
Mode opératoire de vérification de la balance

Protocole

La vérification comprend 4 tests :

- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.





Un IdM est d'autant plus **juste** que la **valeur moyenne** est proche de la **valeur vraie**.

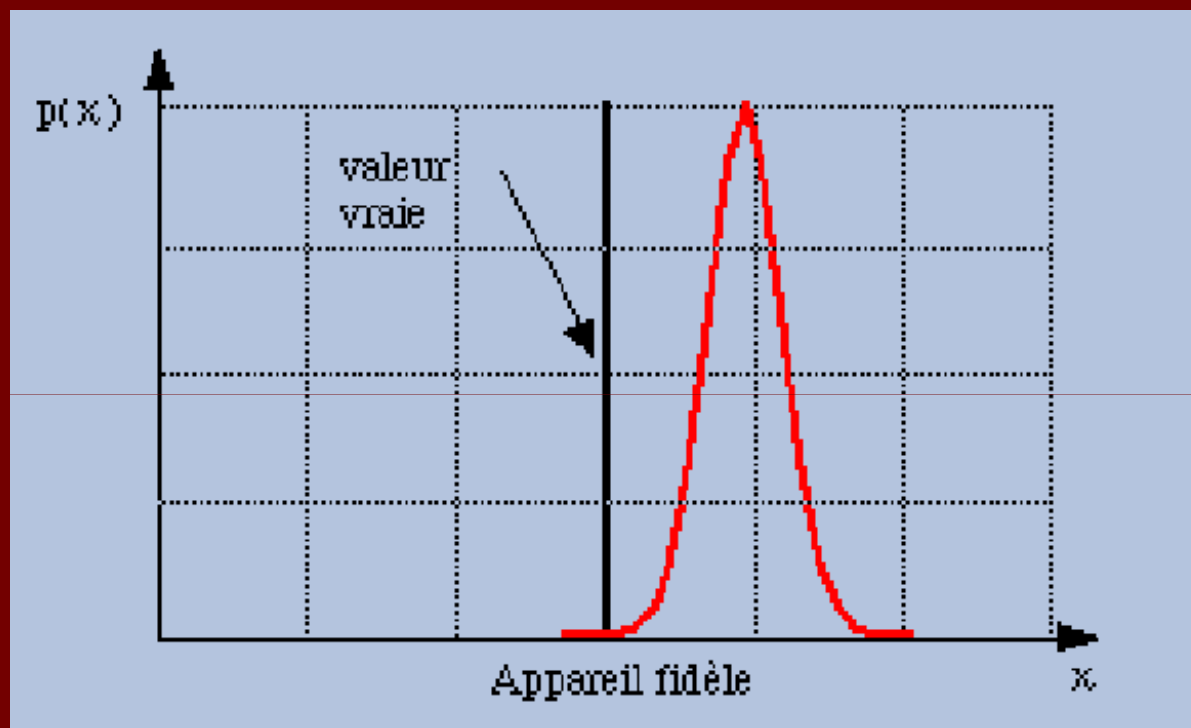
Mode opératoire de vérification de la balance

Protocole

La vérification comprend 4 tests :

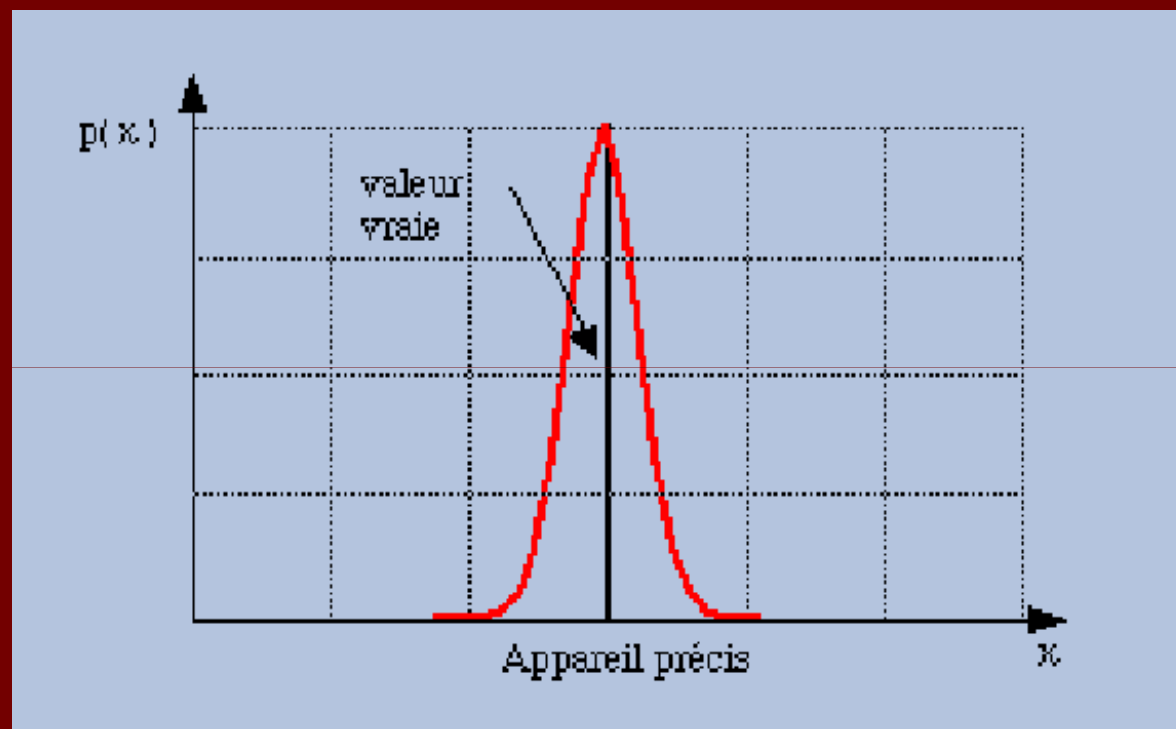
- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.
- **Fidélité** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon en faisant le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse, et entre les différentes masses étalons.





La **fidélité** est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs sont faibles. L'**écart-type** est souvent considéré comme l'erreur de fidélité.

IdM juste et fidèle



Un appareil **précis** est à la fois **fidèle** et **juste** (\Leftrightarrow EMT).

Mode opératoire de vérification de la balance

Protocole

La vérification comprend 4 tests :

- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.
- **Fidélité** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon en faisant le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse, et entre les différentes masses étalons.
- **Linéarité** : Réaliser une série de mesures croissante, puis décroissante au moyen de masses étalons, sans faire le zéro entre les mesures.



Mode opératoire de vérification de la balance

Protocole

- **Excentration** : La masse d'environ $1/3$ de la portée maximum de la balance est utilisée :



- Procéder à la tare de la balance,
- Positionner la masse choisie (50 g) au centre du plateau (point 1) et tarer à nouveau la balance,
- Réaliser 4 mesures correspondant aux points 2, 3, 4 et 5 du plateau circulaire sans tarer au centre entre 2 mesures excentrées.



Mode opératoire de vérification de la balance

Feuille de calcul

Justesse :											
Masse (g)	Lecture 1 (a)	Lecture 2 (a)	Lecture 3 (a)	Lecture 4 (a)	Lecture 5 (a)	Lecture 6 (a)	Moyenne VI (g)	VCV des masses étalons (g)	Ej (mg)	Ej (mg)	Erreur maximale de justesse (mg)
1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000040	0.2	0.2	1.0
50.000	50.000	50.000	50.000	50.001	50.000	50.000	50.000	50.000110	-0.1	0.1	
100.000	100.001	100.001	100.001	100.001	100.001	100.002	100.001	100.000160	-1.0	1.0	

6 mesures

1, 50 et 100 g



Mode opératoire de vérification de la balance

Feuille de calcul

Fidélité :											
Masse (g)	Lecture 1 (g)	Lecture 2 (g)	Lecture 3 (g)	Lecture 4 (g)	Lecture 5 (g)	Lecture 6 (g)	Moyenne VI (g)	VCV des masses étalons (g)	Ef (mg)	Ef (mg)	Erreur maximale de fidélité (mg)
1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000040	0.2	0.2	1.2
50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000110	0.1	0.1	
100.000	100.001	100.002	100.001	100.001	100.001	100.002	100.001	100.000160	-1.2	1.2	

6 mesures

1, 50 et 100 g zéro



Mode opératoire de vérification de la balance

Feuille de calcul

Linéarité :					
Masse (g)	Mesures croissantes (g)	Mesures décroissantes (g)	Ecart (mg)	Ecart (mg)	Ecart maxi. (mg)
1.000	1.000	1.000	0.0	0.0	1.0
50.000	50.000	50.001	-1.0	1.0	
100.000	100.001	100.001	0.0	0.0	

Excentration :						
Masse (g)	Lecture 1 (g)	Lecture 2 (g)	Lecture 3 (g)	Lecture 4 (g)	Lecture 5 (g)	Erreur moyenne (mg)
50.000	0.000	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.8



Incertitude de mesure

Application numérique :

$$E_j = 1,0 \text{ mg}$$

$$E_f = 1,2 \text{ mg}$$

$$E_l = 1,0 \text{ mg}$$

$$E_e = 0,8 \text{ mg}$$

$$u = \sqrt{E_j^2 + E_f^2 + E_l^2 + E_e^2}$$

$$u = \sqrt{1,0^2 + 1,2^2 + 1^2 + 0,8^2}$$

$$u = 2,0 \text{ mg}$$

$$U = 2 \cdot u \longrightarrow U = 4,0 \text{ mg}$$



Décision du constat de vérification

Norme	EMT (g)	Cp	Décision	Signature du responsable
EN113	0.01	5.0	ACCEPTATION	
EN117	0.05	24.9	ACCEPTATION	

EMT donnée par la norme

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{2 \times U}$$

EMT norme

Pour l'EN113 : $C_p = \frac{0,02}{2 \times 2.10^{-3}} = 5 \geq 3$

Pour l'EN117 : $C_p = \frac{0,1}{2 \times 2.10^{-3}} = 25 \geq 3$

Incertitude de la balance
provenant de la
vérification



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Exemple de la vie d'un IdM

Procédure de gestion de parc de matériels de
mesure et d'essais

+

Dossier Machine



MAÎTRISE
Vie d'un « Instrument de Mesure »



Exemple de la vie d'un IdM

1. *Réception* : Contrôle **conformité** à la **commande** et aux **spécifications**
2. *Référencement* appareil : **Liste** + **Étiquette**
3. Élaboration du *Dossier Machine*
4. Définition de la *périodicité* de vérification : inscription au **planning**
5. *Étalonnage* et *vérification*
6. *Déclassement* ou *réforme*



Cas particulier des étalons

Vérification
Certificat d'Etalonnage COFRAC



Exemple de la vie d'un IdM : Pied à coulisse



Étalonnage



Cales étalons

Pied à coulisse



Exemple de la vie d'un IdM : Pied à coulisse



Étalonnage



Cales étalons

Mode Opérateur
Vérification

Pied à coulisse

Vérification



Exemple de la vie d'un IdM : Pied à coulisse

Mode Opérateur de Vérification

- *Personnel habilité* : IM + Personnel formé
- *Périodicité* de vérification interne : 6 Mois \pm 1 Mois
- *Méthode* de mesure : Comparaison à des étalons
- *Conditions* de mesure et *précautions* d'utilisation
- *Protocole* de vérification
- Exploitation des *résultats*





Document type de vérification (DT 307)

D5

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Justesse :										
Mesure N° :	Lecture 1 (mm)	Lecture 2 (mm)	Lecture 3 (mm)	Lecture 4 (mm)	Lecture 5 (mm)	Moyenne VI (mm)	VCV des cales étalons (mm)	Ej (µm)	I Ej I (µm)	Erreur maximale de justesse (µm) :
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	10
2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	-10	10	
3	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	5,00	-10	10	
4	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	30,00	-10	10	
5	200,00	199,99	200,00	199,98	199,98	199,99	200,00	-10	10	
Fidélité :										
	cale de 1 mm		cale de 5 mm		cale de 30 mm		cale de 200 mm			
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut		
cart 1 (µm)	-50	0	-50	0	-60	0	-80	-30		
cart 2 (µm)	-40	0	-40	0	-60	-10	-90	-10		
cart 3 (µm)	-40	0	-40	0	-50	0	-70	-10		
cart 4 (µm)	-50	0	-40	0	-50	0	-90	-30		
cart 5 (µm)	-40	0	-50	0	-60	0	-80	-30		
Moyenne (µm)	-44	0	-44	0	-56	-2	-82	-22		
Erreur de fidélité I (µm)	6	0	6	0	6	8	12	12		
Différence des moyennes (µm)	44		44		54		60			
I (µm)	62									
s-Ti (EN113 et EN117)	0,40 mm		Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour les normes EN113 et EN117 (en mm)							
s-Ti (EN118)	2,00 mm		Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour la norme EN118 (en mm)							
	Norme	Cp	Décision			Signature de l'AM, de l'AQ ou du CM :				
	EN113	3,2	ACCEPTATION							
	EN117	3,2	ACCEPTATION							
	EN118	16,1	ACCEPTATION							
<div> <div>PIED9</div> <div>NUM</div> </div>										

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

16 G I S

D51 =SI(C51<2;"REFUS";SI(C51<3;"ACCEPTATION AVEC RISQUE";"ACCEPTATION"))

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Justesse :										
Mesure N° :	Lecture 1 (mm)	Lecture 2 (mm)	Lecture 3 (mm)	Lecture 4 (mm)	Lecture 5 (mm)	Moyenne VI (mm)	VCV des cales étalons (mm)	Ej (µm)	I Ej I (µm)	Erreur maximale de justesse (µm) :
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	10
2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	-10	10	
3	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	5,00	-10	10	
4	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	30,00	-10	10	
5	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	-10	10	
fidélité :										
<div> <div>cale de 1 mm</div> <div>cale de 30 mm</div> <div>cale de 200 mm</div> </div>										
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut		
cart 1 (µm)	-50	0	-50	0	-60	0	-80	-30		
cart 2 (µm)	-40	0	-40	0	-60	-10	-90	-10		
cart 3 (µm)	-40	0	-40	0	-50	0	-70	-10		
cart 4 (µm)	-50	0	-40	0	-50	0	-90	-30		
cart 5 (µm)	-40	0	-50	0	-60	0	-80	-30		
Moyenne (µm)	-44	0	-44	0	-56	-2	-82	-22		
Erreur de fidélité I (µm)	6	0	6	0	6	8	12	12		
Différence des moyennes (µm)	44		44		54		60			
I (µm)	62									
s-Ti (EN113 et EN117)	0,40 mm		Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour les normes EN113 et EN117 (en mm)							
s-Ti (EN118)	2,00 mm		Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour la norme EN118 (en mm)							
	Norme	Cp	Décision				Signature de l'AM, de l'AQ ou du CM :			
	EN113	3,2	ACCEPTATION							
	EN117	3,2	ACCEPTATION							
	EN118	16,1	ACCEPTATION							

PIED9

NUM

A	B	C	D	E	F	Barre de formule	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---

[illegible]

	Bas	Haut	Bas	Haut		Bas	Haut	Bas	Haut		
--	-----	------	-----	------	--	-----	------	-----	------	--	--

différence des moyennes (μm)	44	44	54	60
---	----	----	----	----

[illegible]

Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour les normes EN113 et EN117 (en mm)

Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour la norme EN118 (en mm)

[illegible]

A	B	C	D	E	F	Barre de formule	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---

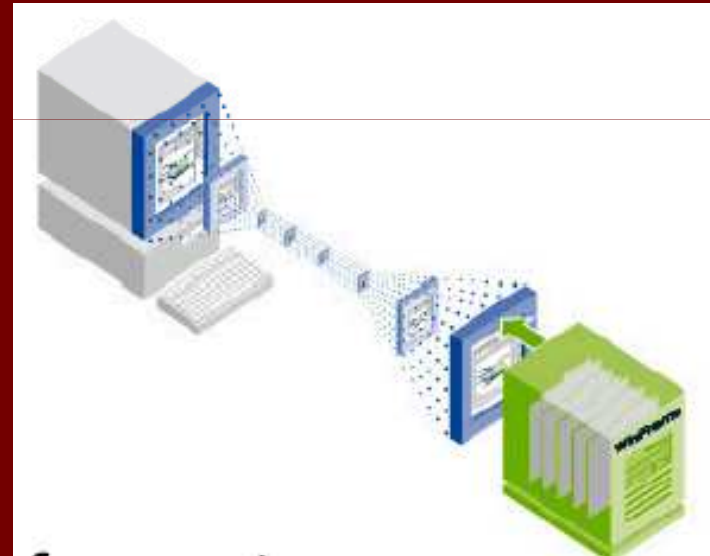
[illegible][illegible]

Year	Percentage of people who are obese
1980	15
1985	20
1990	19
1995	22
2000	25
2005	24
2010	27

Matériel informatique

- Validation des logiciels associés aux appareils
- Vérification des cellules de calculs : jeux de données, etc...

§ 5.4.7



- **Objectif** : maîtrise des données informatiques



Objectifs 1^{ère} journée

- Contexte et enjeux
- Vocabulaire spécifique à la métrologie
- Point sur les normes liées à la métrologie et son organisation
- Actions d'une « Fonction Métrologie »
- Organisation de la métrologie, chaîne de raccordement
- Gestion du parc d'instruments et matériels de mesure
- Exemple d'une gestion documentaire d'un SQ (ISO 17025)
- Exemple d'une vérification interne (documentation associée, choix des étalons, décision, capacité...)
- Exemple de la vie d'un IdM



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissage
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Estimation des incertitudes de mesure

- Deux référentiels importants pour la vie des entreprises et des laboratoires viennent d'être profondément modifiés depuis l'an 2000 : la norme **ISO 9001** et la norme **ISO/CEI 17025**.
- Au niveau de l'expression de l'incertitude des résultats de mesure et d'essai, ces deux référentiels se rejoignent sur un souci commun : la **déclaration de la conformité** du produit aux exigences spécifiées.
- L'incertitude constitue alors un élément qui permet d'**apprécier** les **risques** liés à ces **décisions**.



Estimation des incertitudes de mesure

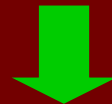
- Aujourd'hui, personne ne remet en cause le résultat d'une mesure (vérité absolue).
- La métrologie légale : unité reconnue par tous (IdM conforme au texte de loi)
- Les besoins de la métrologie industrielle (limite à laquelle il est possible d'utiliser l'IdM : conformité)
- Les différents référentiels qualité exigent que :
l'incertitude des résultats de mesure doit être connue et adaptée aux spécifications à vérifier.



Estimation des incertitudes de mesure

L'incertitude de mesure

- La valeur mesurée n'est jamais la valeur recherchée.
- Évaluer l'intervalle, positionné par rapport à la valeur mesurée, dans lequel il est probable de la rencontrer.
- Les facteurs d'influence : c'est l'imperfection de ces différents facteurs qui conduit à l'imperfection de la mesure ou à *l'incertitude de mesure*.



Paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande.

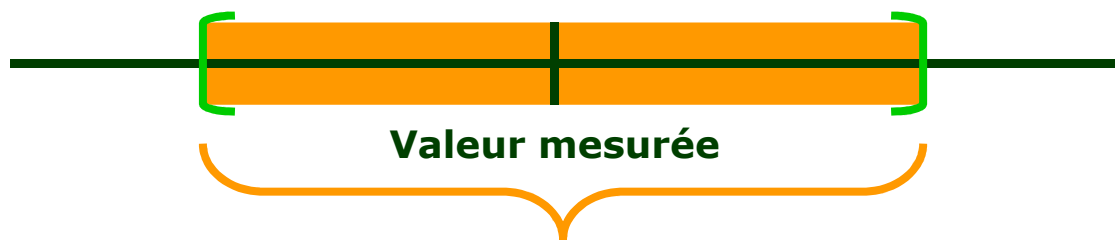


Estimation des incertitudes de mesure

L'incertitude de mesure

Valeur mesurée - Incertitude

Valeur mesurée + Incertitude



Ensemble des valeurs attribuables au mesurande



Estimation des incertitudes de mesure

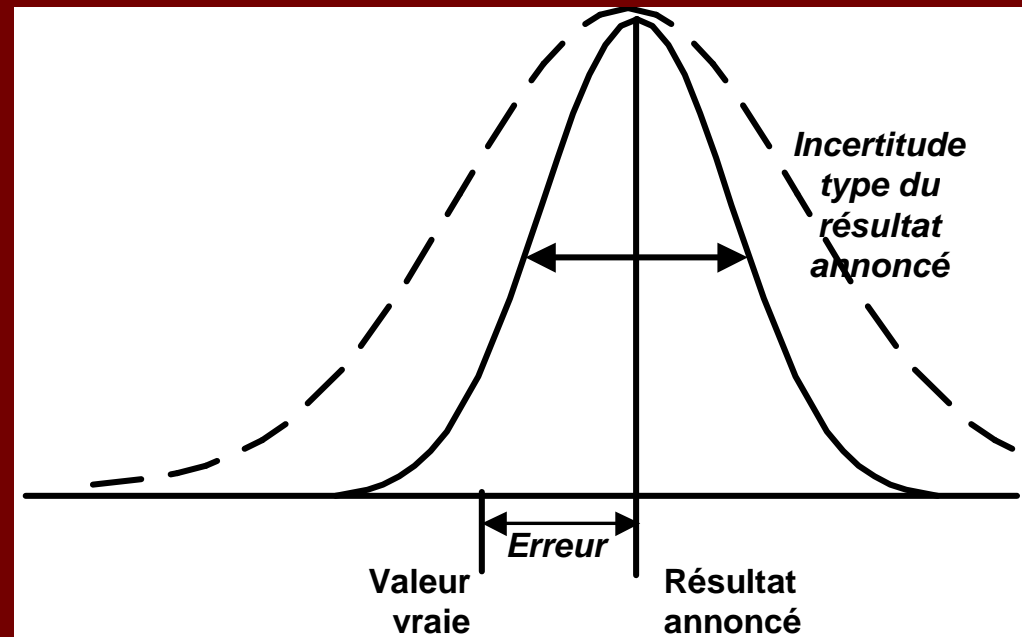
Dispersion d'un processus de mesurage

Approche traditionnelle :
les « 5 M »

- Milieu
- Moyen
- Méthode
- Main d'œuvre
- Matière

D'autres « M » sont possibles,
voire souhaitable :

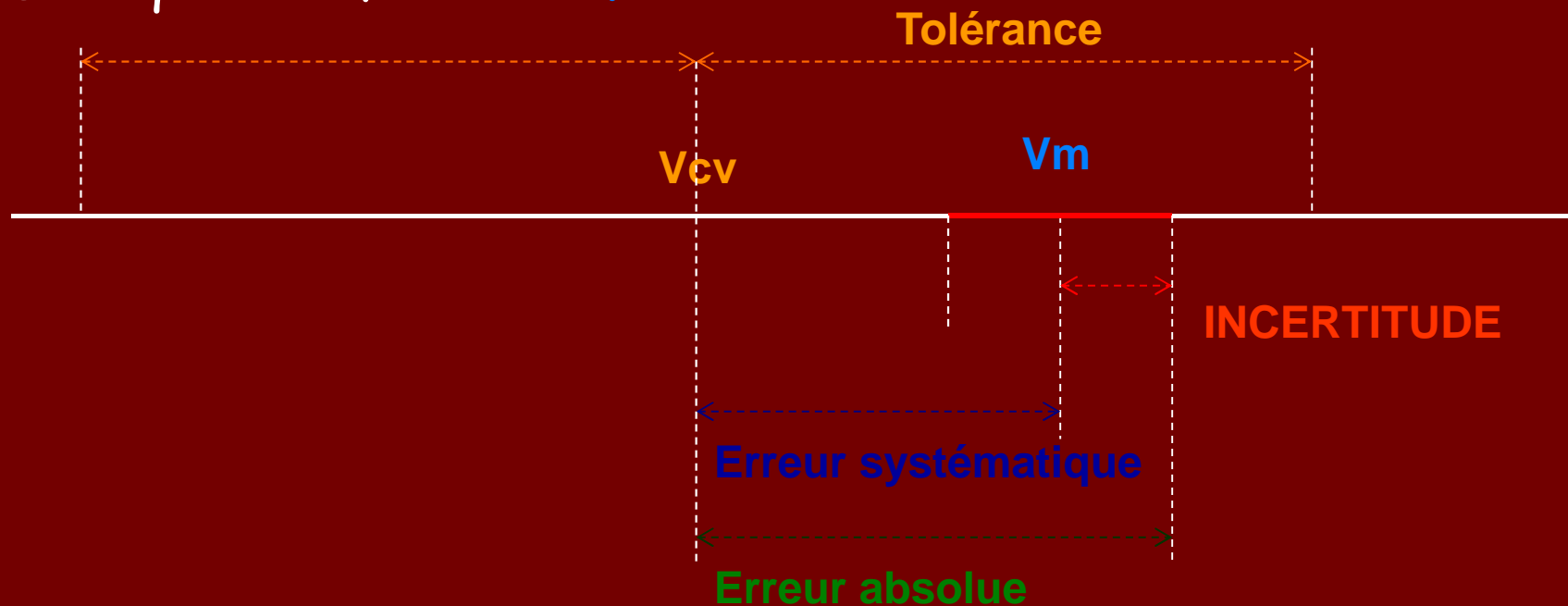
- Marché
- Management
- Monnaie



Estimation des incertitudes de mesure

Qu'est-ce qu'une incertitude de mesure ?

Lorsque l'on fait une mesure



Vcv = Valeur Conventionnellement Vraie

Vm = Valeur Mesurée



Estimation des incertitudes de mesure

Pourquoi estimer les incertitudes de mesure ?

Des règlements l'imposent :

- ISO 17025 (accréditation) «... les rapports d'essais doivent inclure une déclaration relative à l'incertitudes de mesure ... »
- ISO 11465 (détermination d'humidité) «...peser à 1 mg près...»
- ... et bientôt l'ISO 9001



Estimation des incertitudes de mesure

Pourquoi estimer les incertitudes de mesure ?

Des clients le demandent :

- pour des **publications**

exemple: $(36,2 \pm 0,5)$ mg de cadmium / g de sol

- pour **comparer des résultats**

exemple: teneur en calcium dans un même échantillon

date 1 : **5,24** mg / kg

date 2 : **4,92** mg / kg



Estimation des incertitudes de mesure

Pourquoi estimer les incertitudes de mesure ?

Elles aident le laboratoire à prendre des **décisions** pour :

- **justifier** ou non une **réclamation** client sur un résultat rendu
- déclarer un **équipement CONFORME** ou **NON CONFORME** après une vérification
- **Choisir le bon équipement** pour une analyse



Estimation des incertitudes de mesure

Outils : deux textes fondamentaux

Le **GUM (NF ENV 13005)**
*Guide pour l'expression de
l'Incertitude de Mesure*

La norme **ISO 5725** « *Exactitude
(justesse et fidélité) des résultats
et méthodes de mesure* »

Synthèse publiée par l'Afnor : **FD
X 07-021**
« *Aide à la démarche pour
l'estimation et l'utilisation des
mesures et des résultats d'essais* »



Estimation des incertitudes de mesure

La démarche en 4 étapes

- **Étape 1** : le calcul du résultat de mesure (comprendre ce qu'on mesure)
 - Définition du mesurande
 - L'analyse du processus de mesure
 - Le modèle mathématique du processus de mesure
- **Étape 2** : le calcul des incertitudes types
 - Les méthodes d'évaluation de type A et de type B
- **Étape 3** : détermination de l'incertitude composée
 - Loi de propagation des incertitudes
- **Étape 4** : détermination de l'incertitude élargie
 - Exprimer le résultat et son incertitude



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 1 : définir ce que l'on veut mesurer

- **Mesurande :**

- Grandeur particulière soumise à mesurage.
- Exemple : Distance entre deux plans parallèles, à 20 °C, la cale étant en position horizontale.
- Note : La définition du mesurande peut nécessiter des indications relatives à des grandeurs telles que le temps, la température et la pression.

- Ne pas introduire des causes d'incertitudes liées à une définition « flou » de ce que l'on veut mesurer.
- Choisir un processus de mesure adapté au mesurande.



Estimation des incertitudes de mesure

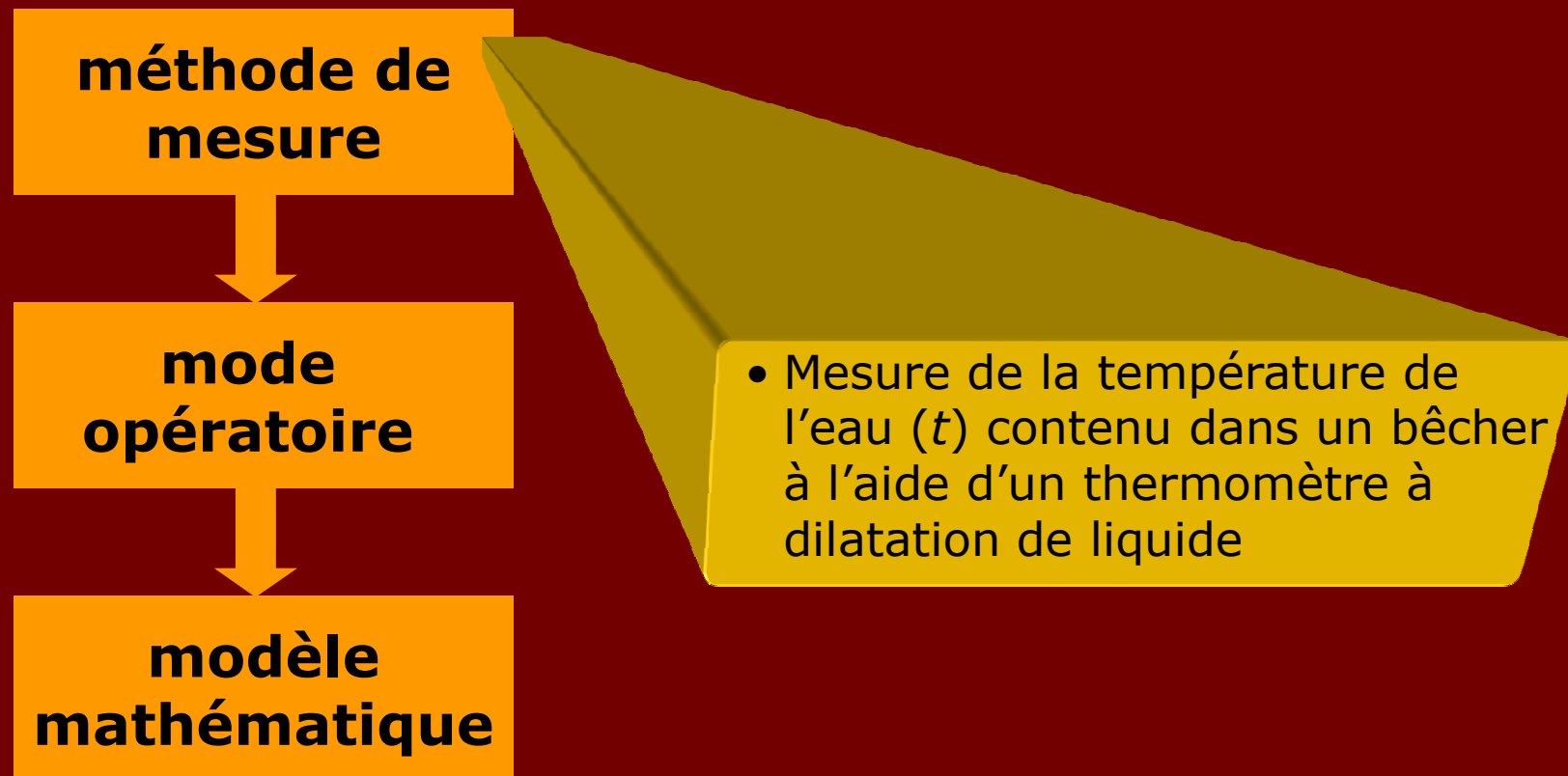
Étape 1 : le processus de mesure

- Ne pas focaliser son attention sur l'IdM, mais s'intéresser au **processus** qui conduit à l'obtention d'un **résultat de mesure**
- L'incertitude caractérise le résultat et non l'instrument.
- Dans le processus vont intervenir :
 - les opérateurs
 - les instruments, les étalons
 - la méthode de mesure et le mode opératoire
 - l'environnement de la mesure (température, pression...)
 - l'objet mesuré



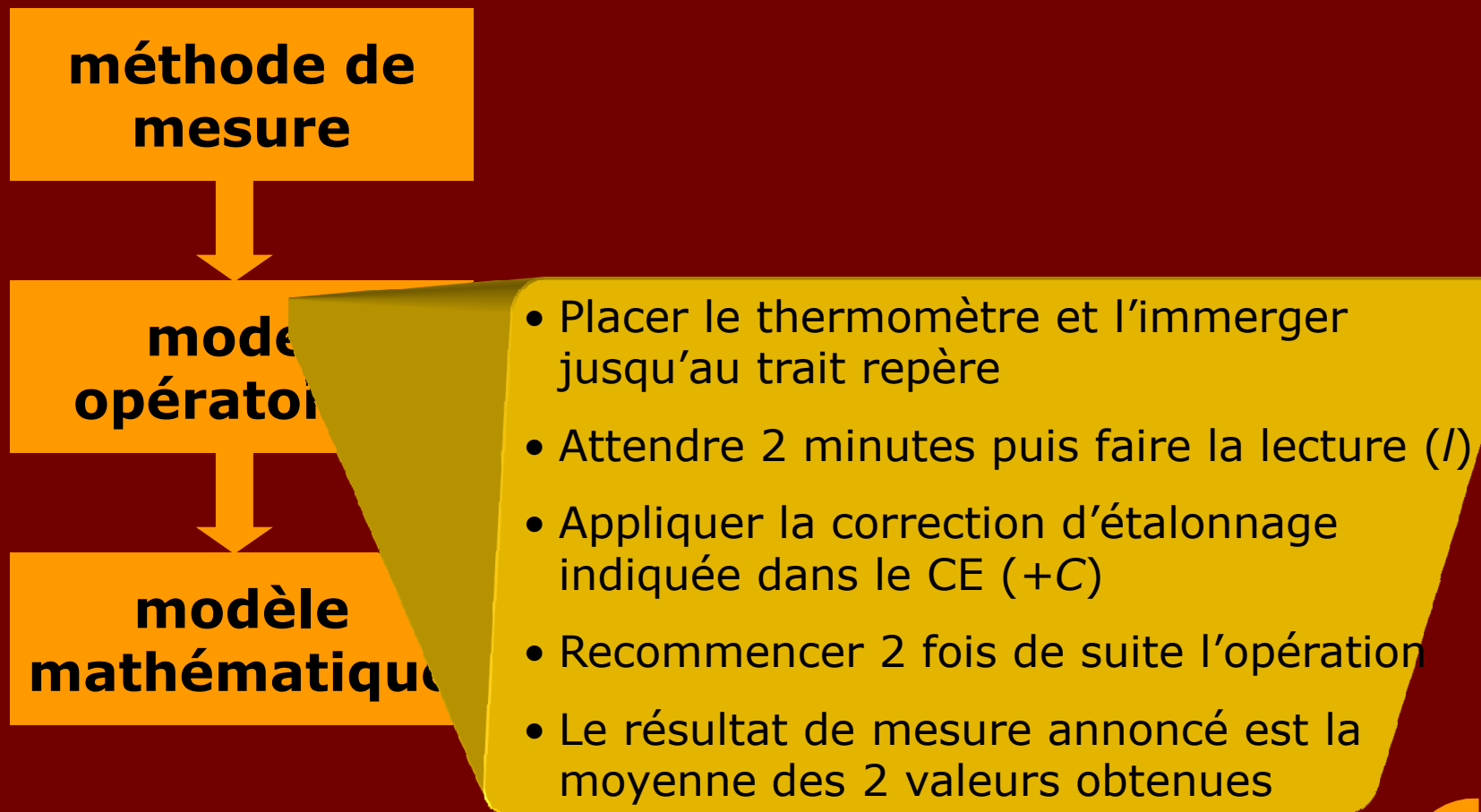
Estimation des incertitudes de mesure

Étape 1 : le modèle mathématique du processus de mesure



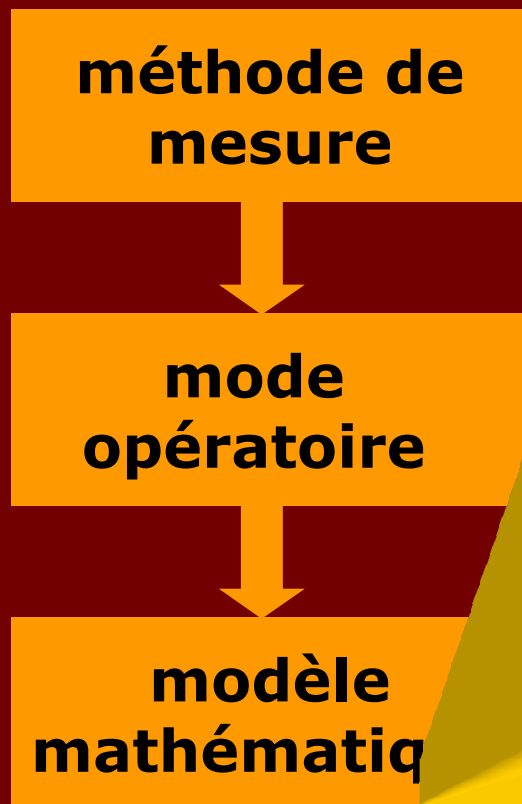
Estimation des incertitudes de mesure

Étape 1 : le modèle mathématique du processus de mesure



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 1 : le modèle mathématique du processus de mesure



$$t = \frac{l_1 + C_e + C_a + l_2 + C_e + C_a}{2}$$

$$t = \frac{l_1 + l_2}{2} + C_e + C_a$$

t : température annoncée

l_1 : première lecture

C_e : correction d'étalonnage

C_a : correction de la colonne émergente



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 2 : évaluer les incertitudes types

- **2 méthodes :**
 - Type A : évaluation à l'aide de méthodes statistiques
 - Type B : évaluation par d'autres moyens
- Les évaluations de type A sont fondées sur des distributions de fréquences alors que les évaluations de type B sont fondées sur des lois à priori



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 2 : méthode d'évaluation de type A

- Évaluation de la répétabilité du processus de mesure
- 1^{ère} composante : $u^2(\bar{l})$

La variance d'une moyenne \bar{l} de n mesures est estimée par :

$$u^2(\bar{l}) = \frac{s^2}{n}$$

où s^2 est un estimateur de la répétabilité à partir d'un échantillon de n observations.

$$u^2(\bar{l}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum (l_i - \bar{l})^2$$

et : $\bar{l} = \frac{\sum l_i}{n}$

⇐

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (l_i - \bar{l})^2$$



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 2 : méthode d'évaluation de type B

- 2^{ème} composante : $u^2(C_e)$
 - Correction de justesse : $C_e = +0,2^\circ\text{C}$
 - Incertitude élargie sur la correction : $U = 0,08^\circ\text{C}$
 - Facteur d'élargissement : $k = 2$

$$u(C_e) = \frac{U}{k} = \frac{0,08}{2}^\circ\text{C} = 0,04^\circ\text{C}$$

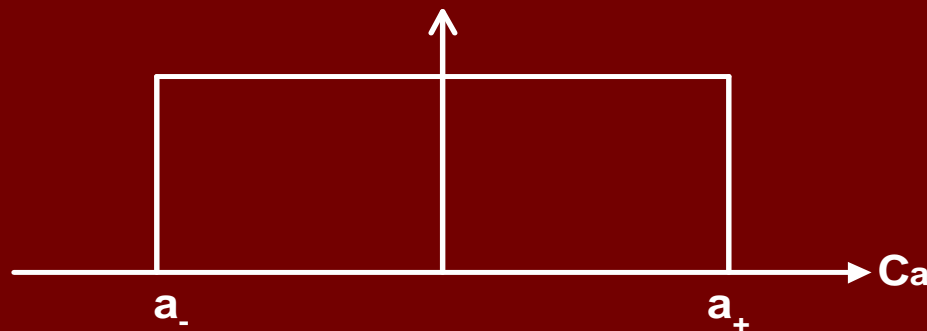


Estimation des incertitudes de mesure

Étape 2 : méthode d'évaluation de type B

- 3^{ème} composante : $u^2(C_a)$

L'expérience nous conduit à penser que C_a est supérieure à a_- et inférieure à a_+ , il n'y a aucune raison de penser que la correction est plus proche de la borne inférieure, que de la borne supérieure, ou du centre de l'intervalle.



Distribution uniforme

$$C_a = \frac{a_- + a_+}{2}$$

$$u(C_a) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 3 : incertitude composée (loi de propagation)

- Le modèle : $t = \frac{l_1 + l_2}{2} + C_e + C_a$

$$u_c^2(t) = u^2(\bar{l}) + u^2(C_e) + u^2(C_a)$$



**méthode
type A**



**méthode
type B**



**méthode
type B**



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 3 : incertitude composée (loi de propagation)

$$u_c^2(t) = u^2(\bar{l}) + u^2(C_e) + u^2(C_a)$$

$$u_c^2(t) = \frac{s^2}{n} + \left(\frac{U}{k}\right)^2 + \frac{a^2}{3}$$

$$u_c(t) = \sqrt{\frac{s^2}{n} + \left(\frac{U}{k}\right)^2 + \frac{a^2}{3}}$$



Estimation des incertitudes de mesure

Étape 4 : incertitude élargie

$$U = k \cdot u_c(t)$$

avec : $k = 2$



Estimation des incertitudes de mesure

Règle d'arrondissement

Exemple d'une valeur obtenue : 220,336 V

Incertitude élargie calculée : 0,486 V

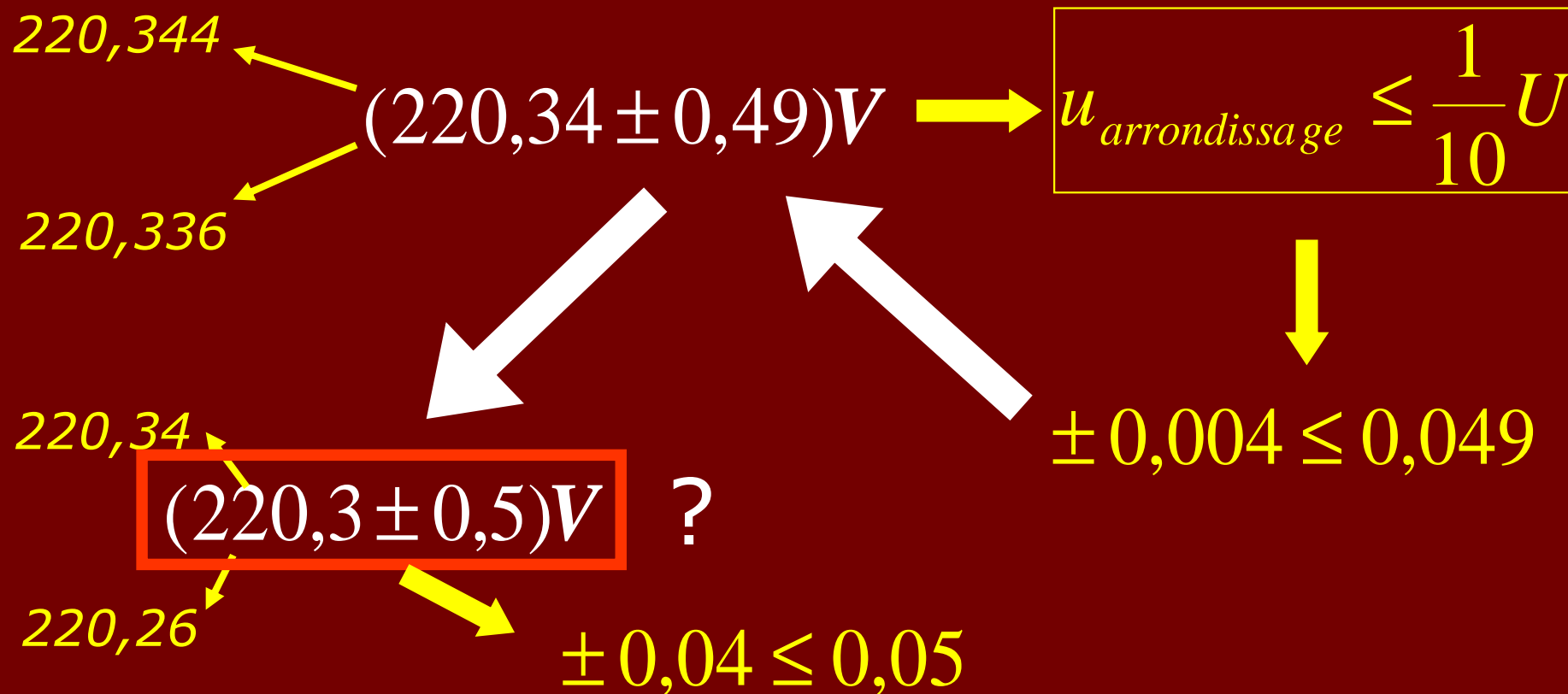
En règle générale, on garde 2 chiffres significatifs pour U


$$(220,34 \pm 0,49)V \quad \leftarrow \quad U = 0,49 V$$



Estimation des incertitudes de mesure

Règle d'arrondissement



Estimation des incertitudes de mesure

Règle d'arrondissement : Exemples

$$(0,4 \pm 0,1) m/s$$

$$\cancel{0,04} < \cancel{0,01}$$



$$(0,43 \pm 0,12) m/s$$

$$0,004 < 0,012$$

$$(220 \pm 4) V$$

$$0,4 < 0,4$$

$$(220 \pm 1) V$$

$$\cancel{0,4} < \cancel{0,1}$$



$$(220.3 \pm 0,5) V$$

$$0,034 < 0,05$$

$$(220,16 \pm 0,6) V$$



$$(220.2 \pm 0,6) V$$

$$0,04 < 0,06$$

$$(23,14 \pm 0,09) ^\circ C$$

$$0,004 < 0,009$$



Estimation des incertitudes de mesure

Règle d'arrondissement : Exemples

$$(12,62 \pm 0,106)A \longrightarrow (12,62 \pm 0,11)A$$

$$0,004 < 0,011$$

$$\downarrow$$

$$\cancel{(12,6 \pm 0,1)A}$$

$$\cancel{0,04 < 0,01}$$

$$(10,05762 \pm 0,027)\Omega \longrightarrow (10,058 \pm 0,027)\Omega$$

$$0,0004 < 0,0027$$

$$\downarrow$$

$$\cancel{(10,06 \pm 0,03)\Omega}$$

$$\cancel{0,004 < 0,003}$$



Estimation des incertitudes de mesure

GUM

Démarche ascendante

Lois de propagation de l'incertitude



Les effets de chaque grandeur d'entrée sont composées pour estimer l'incertitude

Modèle du GUM

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

ISO 5725

Démarche descendante

Modèle d'analyse de variance



La fidélité de la méthode est décomposée en une somme de composantes conformément au modèle d'analyse de variance

Analyse de la variance



Estimation des incertitudes de mesure

Définition du mesurande, de la caractéristique

Analyse du processus de mesure ou d'essai

NON

Utilisation du modèle
 $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$

OUI

- essais interlaboratoires
- utilisation des valeurs de fidélité

- modélisation
- loi de propagation des incertitudes

Utilisation du résultat de mesure
ou d'essai et de son incertitude



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie

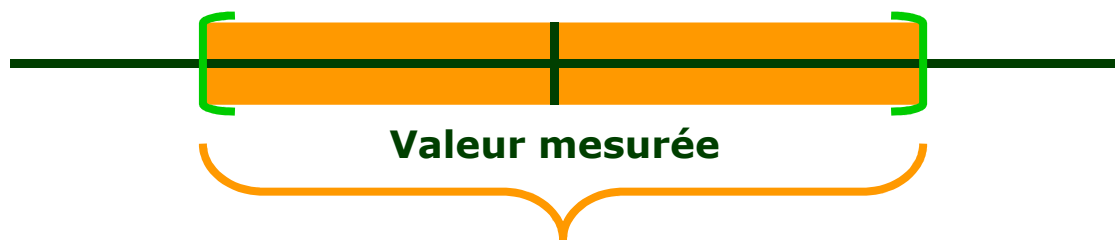


Déclaration de conformité

L'incertitude de mesure

Valeur mesurée - Incertitude

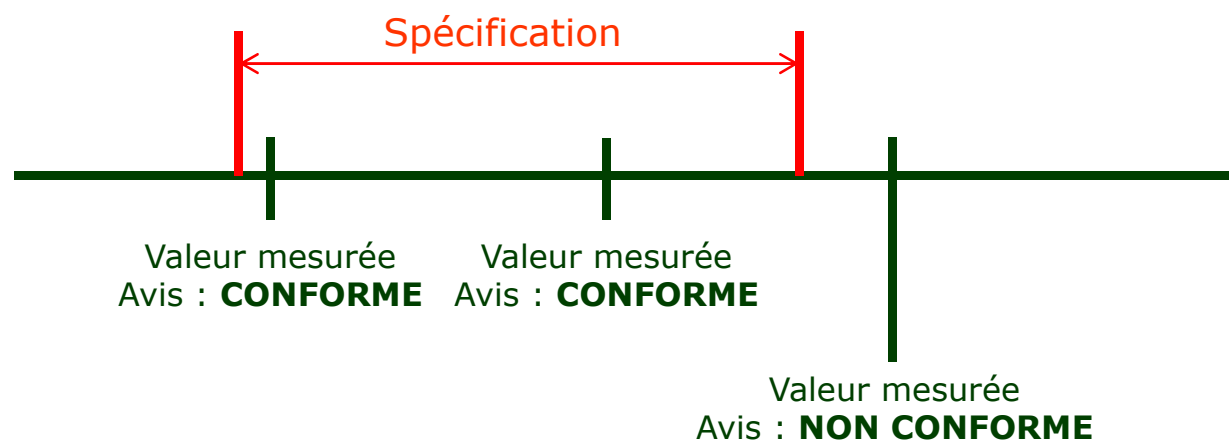
Valeur mesurée + Incertitude



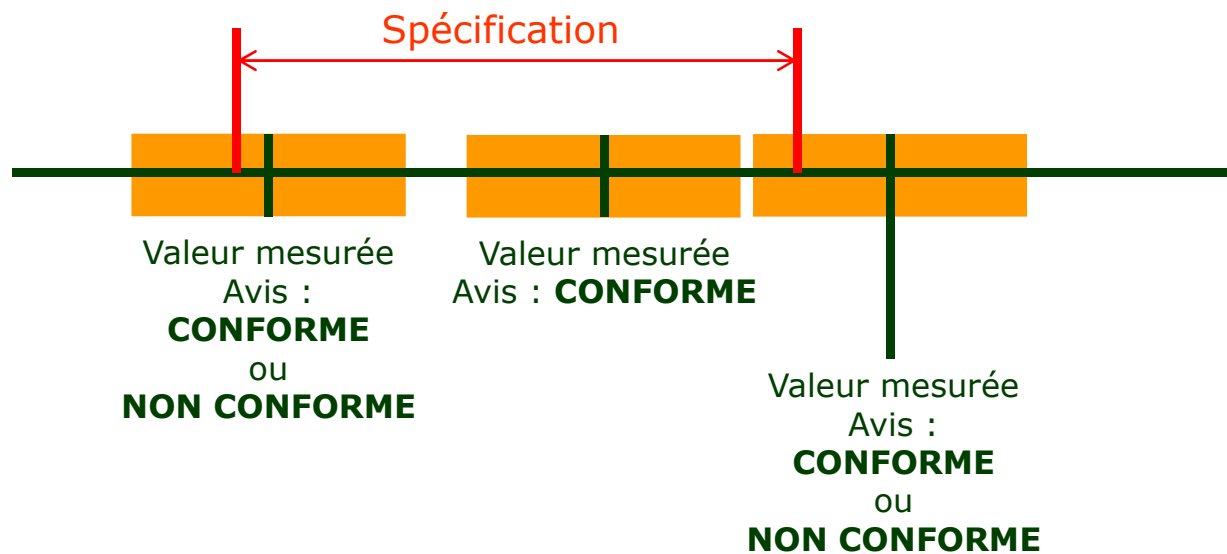
Ensemble des valeurs attribuables au mesurande



Déclaration de conformité

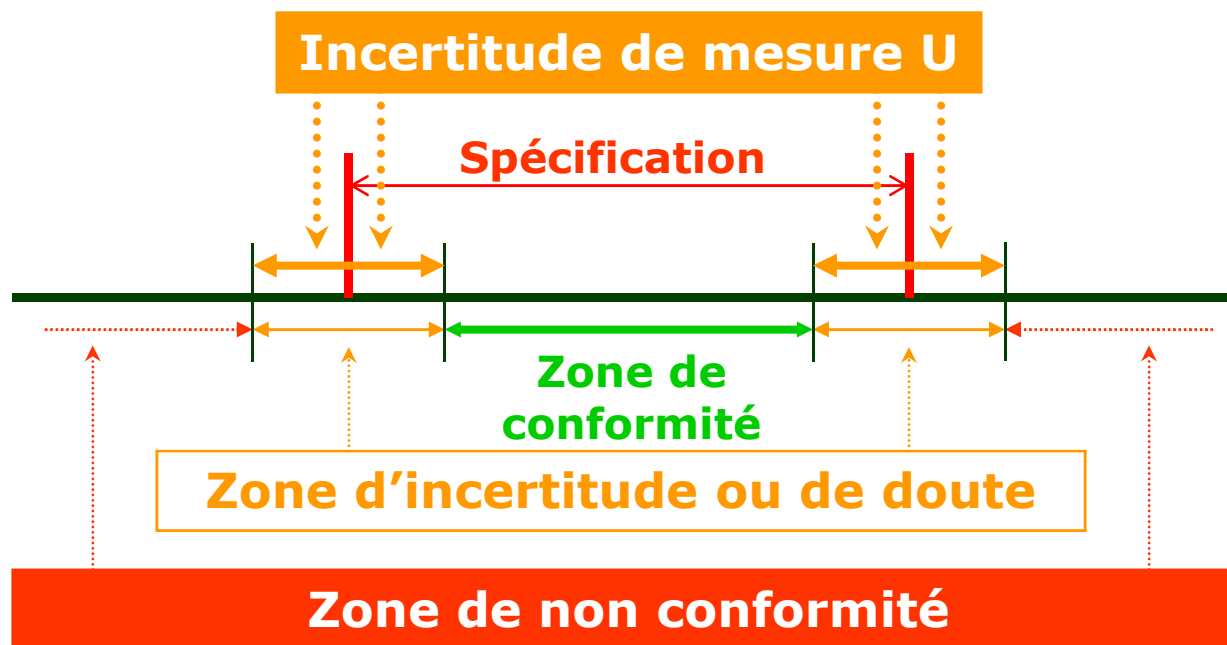


Déclaration de conformité

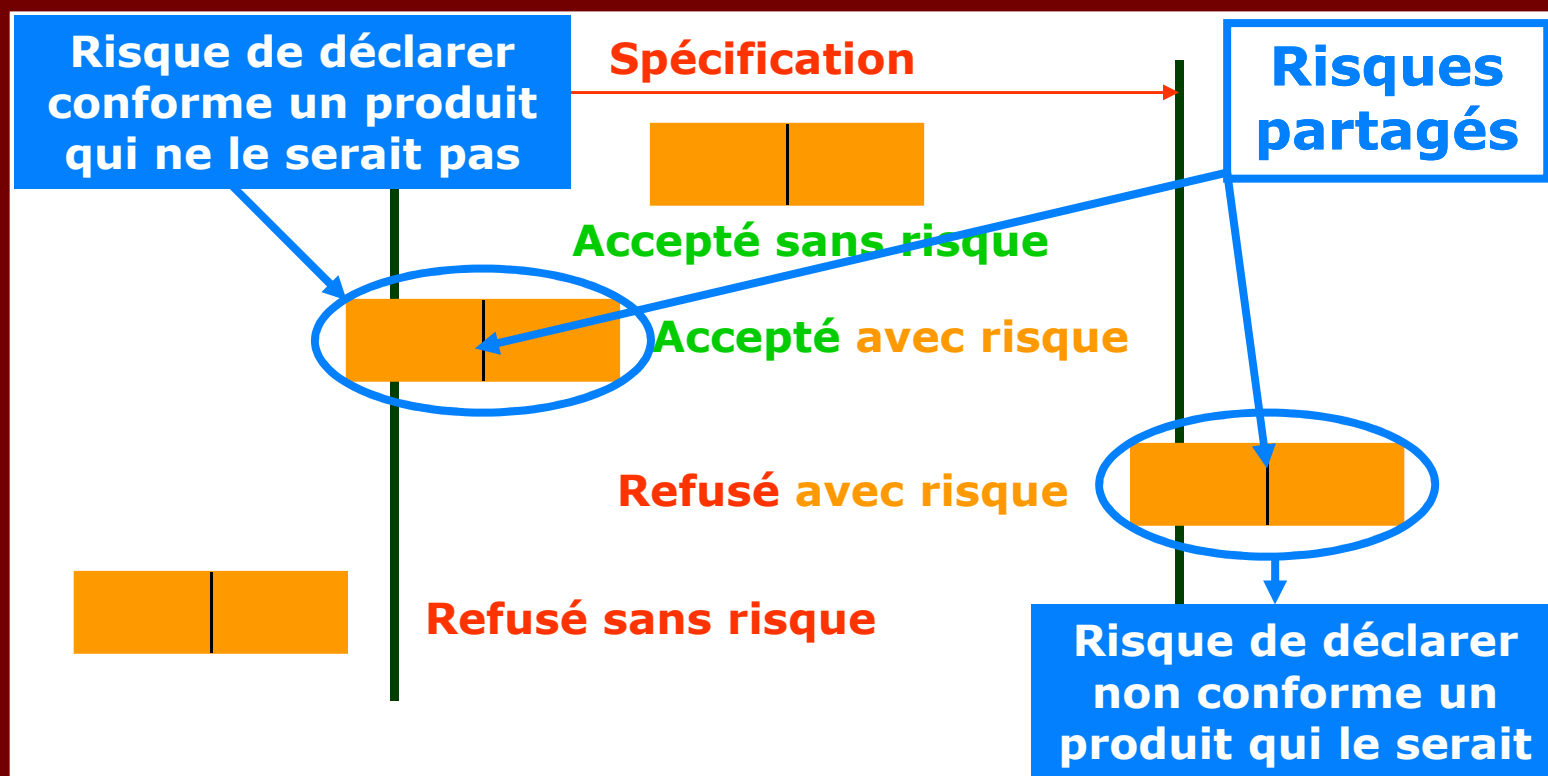


Déclaration de conformité

Norme ISO 14253-1



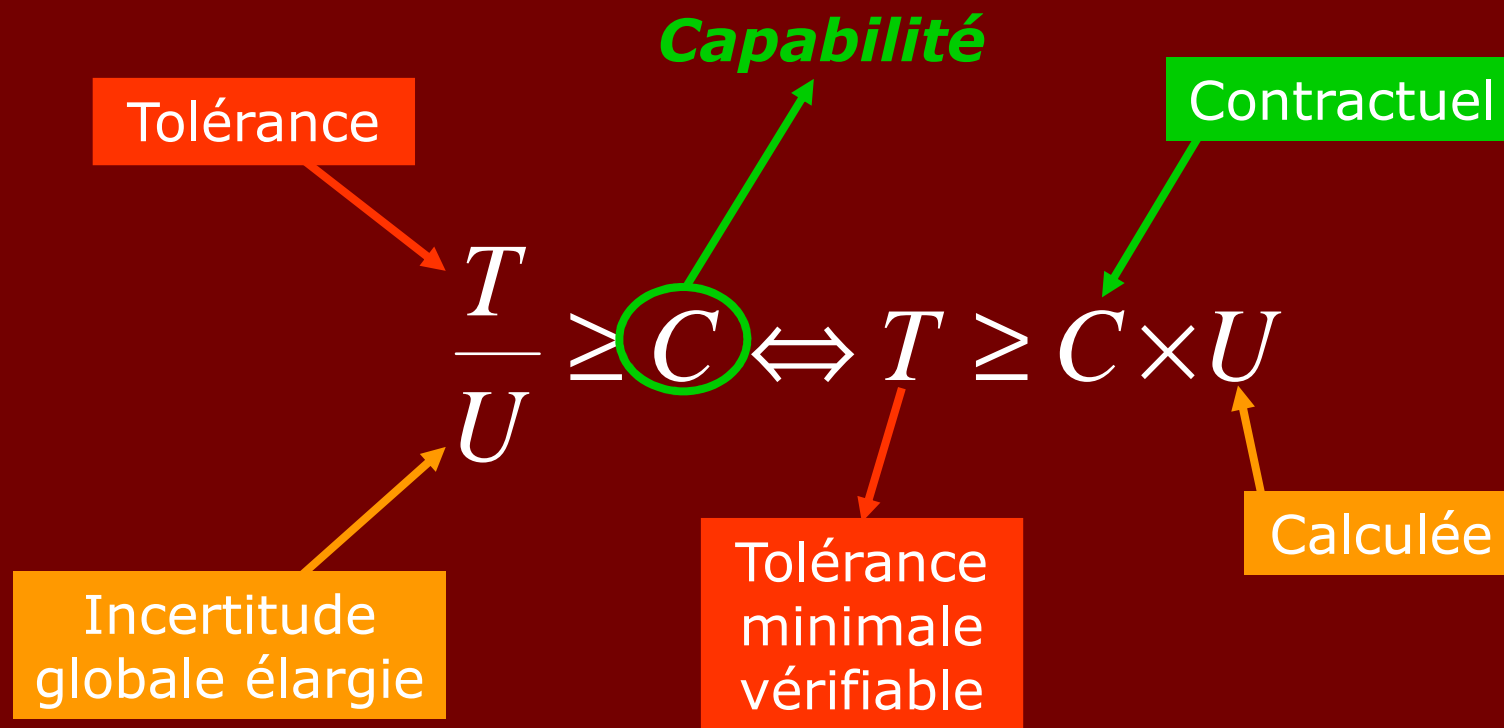
Déclaration de conformité



$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{Coût}$$



Déclaration de conformité

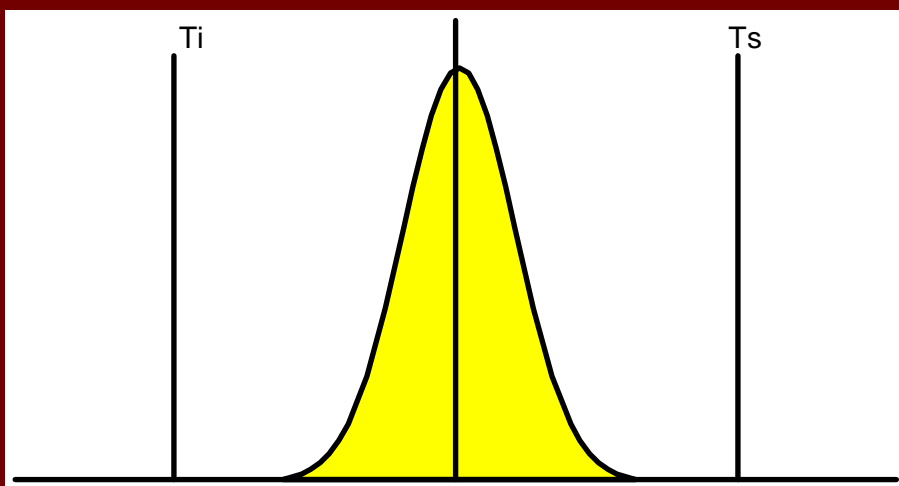


Adéquation des incertitudes de mesure avec
l'aptitude requise en matière de mesurage

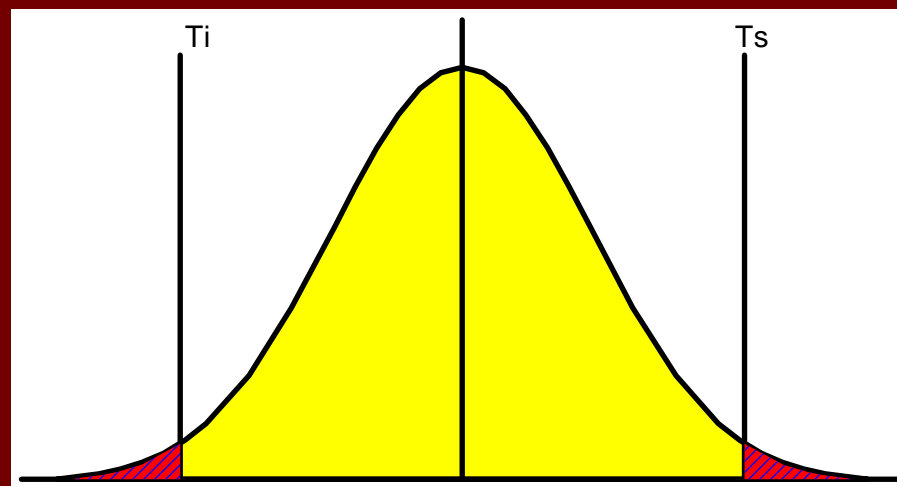


Déclaration de conformité

Capabilité



Procédé capable : $C_p > 1$



Procédé non capable : $C_p < 1$



Déclaration de conformité

- Une fois **C** calculée, il est nécessaire de **garantir** à l'utilisateur que son processus de mesure **garde**, au quotidien, les performances qu'on en attend, qu'il **maintien**, au quotidien, sa (ses) tolérance(s) minimale(s) vérifiable(s).
- **Maintien de l'aptitude** : évaluation des périodicités optimales.
- **Optimiser** la valeur de la périodicité d'étalonnage : politique dynamique et **économique** de gestion de parc d'IdM.



De la Tolérance à l'Étalonnage

Déclaration de conformité

PRODUIT
(Caractéristiques)

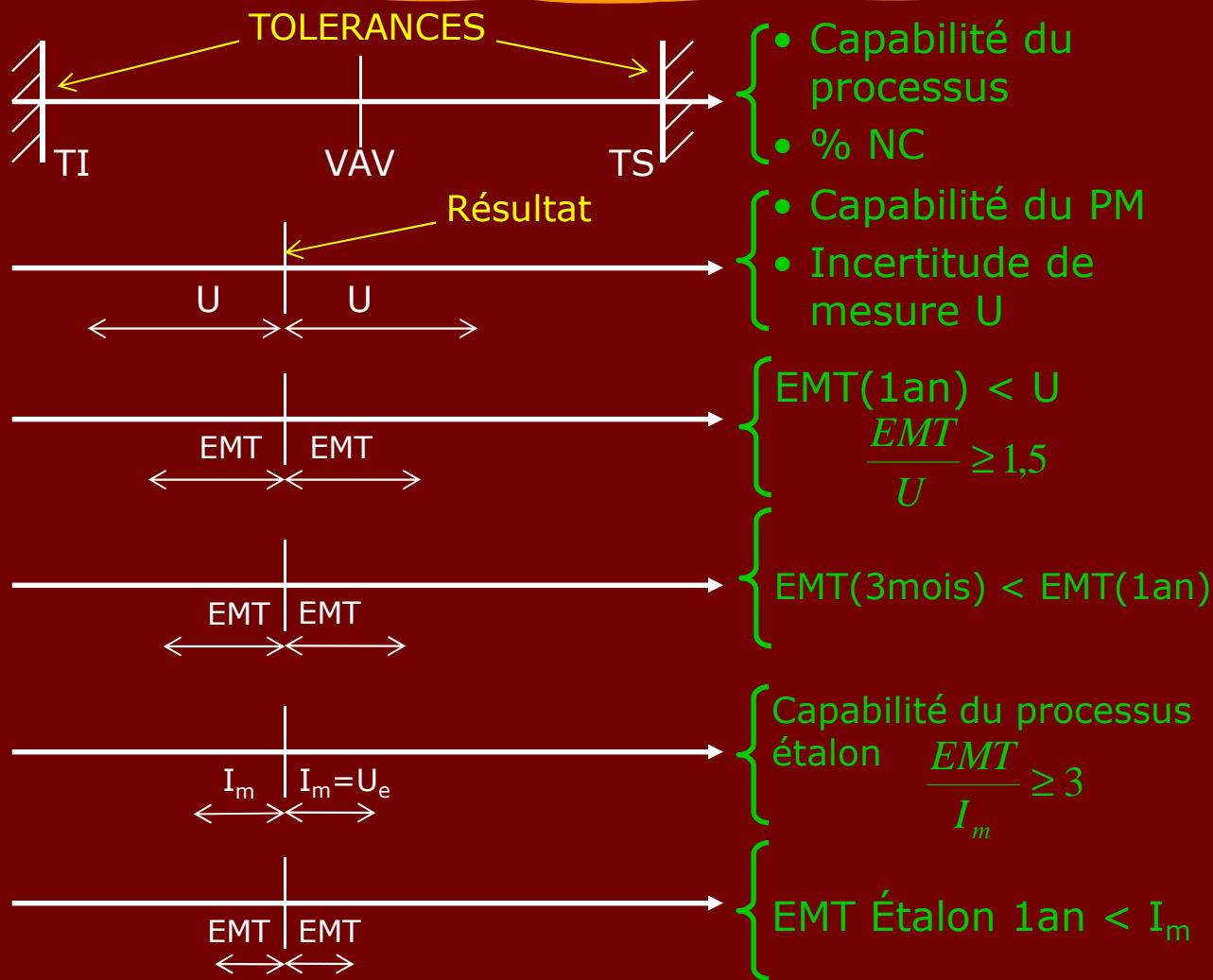
Processus de
mesure (PM)

Instrument chaîne
EMT (du PM) 1 an

Instrument chaîne
EMT 3 mois

Processus de
mesure Étalon

Instrument chaîne
EMT (Étalon) 1 an



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Objectifs 2^{ème} journée

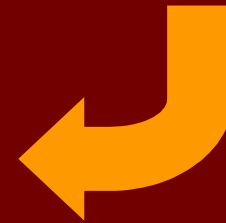
- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissage
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Exemple d'application : mise en œuvre de la norme ISO 11465 dans un laboratoire

- ISO 11465 : Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau – méthode gravimétrique
- Exigences explicitées :
 - Étuve capable de maintenir une température de $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - Balance analytique d'une **précision** de **10 mg** pour une pesée d'environ **15 g**
- Exigences traduites :
 - Notions d'**exactitude**, d'**EMT** et de **tolérance** (EMT = ± 10 mg)

Notions de vocabulaire



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. **Étudier** les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. **Recenser** les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. **Choisir** les équipements nécessaires
4. **Vérifier** les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. **Raccorder** les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

6. Gérer le parc d'équipements :

- Dresser la **liste** des équipements du laboratoire
- Attribuer les **responsabilités** (réception, codification, vérification, utilisation, ...)
- **Identifier** les équipements (traçabilité)
- Etablir et nommer les **documents** associés (fiches de vie, modes opératoires d'étalonnage, de vérification, trame, ...) suivant une gestion documentaire choisie
- Définir les **périodicités** d'intervention (E/V, maintenance...) sur les équipements pour garantir les résultats produits
- Prévoir les **enregistrements** associés



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



Exemple d'application

- **Recenser** les moyens de mesure et d'essai (instruments et étalons) :
 - Etuve présente dans le laboratoire ?
 - Balance présente dans le laboratoire ?



Exemple d'application

- **Analyse** des spécifications des équipements :
 - Définition des qualités métrologiques minimales :
 - Fidélité
 - Justesse
 - Étendue de mesure
 - Constance dans le temps
 - Conditions de fonctionnement et d'environnement :
 - Cadences,
 - Vibrations
 - Températures ...



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. **Choisir** les équipements nécessaires (capabilité, coût, SAV, ...)



Achat de balance et étuve sur catalogue



1 min à 99h59 min
affichage du temps restant

Nouveau!

► nombreuses applications
en agroalimentaire, chimie, traitement
de déchets (réduction du poids à traiter)

Capabilité théorique approximative:

$(105 \pm 5)^\circ\text{C}$

$$C = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ OK mais à vérifier!}$$

Incertitude approximative
ramenée à 105°C

Choix de l'étuve

étuve UNB/ UFB, type	100	200	300	400	500
volume	14 l	32 l	39 l	53 l	108 l
stabilité à 150°C UN/UF, $^\circ\text{C}$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5/0,4$	$\pm 0,3/0,5$
homogénéité à 150°C UN/UF, $^\circ\text{C}$	$\pm 4,0$	$\pm 2,7$	$\pm 2,5$	$\pm 1,7/1,0$	$\pm 2,4/2,3$
poids admissible sur étagère/total, kg	10/20	15/30	12/30	30/90	50/60
LxPxH int., cm	32x17x24	40x25x32	48x25x32	40x33 ⁽¹⁾ x40	56x40 ⁽¹⁾ x48
LxPxH ext., cm	47x33x52	55x40x60	63x40x60	55x48x68	71x55x76
poids N/B, env. kg	20/25	28/34	30/38	35/42	50/63
puissance, W	600	1100	1200	1400	2000
alimentation 50/60 Hz, V	230	230	230	230	230
glissières pour plateaux	2	3	3	4	5
plateaux livrés en standard	1	1	1	2	2
étuve UNB à convection 220°C	C33500	C33526	C33527	C33529	C33531
HT€	624,00	685,00	748,00	807,00	1169,00
étuve UFB ventilée 220°C	-	-	-	C33532	C33533
HT€	-	-	-	1006,00	1422,00

Gamme d'utilisation :
+5 à +220 $^\circ\text{C}$

Capabilité :

$$C = \frac{T}{U} \geq 3$$

EMT

Incertitude



« précision de 10 mg »

Exemple d'application

Précision de lecture

≠ exactitude ou
« précision »

= résolution !!!

Capacité théorique approximative :

$$C = T/U = 10/4,5 = 2,2 \leq 3$$

Incertitude approximative

Choix de la balance

étendue de pesée	1 60 g	1 120 g	1 210 g	2 150 g	2 310 g	3 210 g
précision de lecture	0,1 mg	0,1 mg	0,1 mg	1 mg	1 mg	10 mg
reproductibilité, mg	± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 1,5	± 3	± 10
linéarité, mg	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 3	± 3	± 20
plateau L x P mm	Ø 90	Ø 90	Ø 90	Ø 100	Ø 100	Ø 116
balance analytique Talent	C18090	C18089	C18084	C18092	C18091	C18097
HTE	1740,00	1990,00	2240,00	1290,00	1690,00	640,00
poids de calibrage	C23065	C23066	C23067	C23080	C23081	C23067
HTE	89,70	115,00	140,00	62,60	77,90	140,00

Composantes de
l'incertitude (U)

OK mais à vérifier!

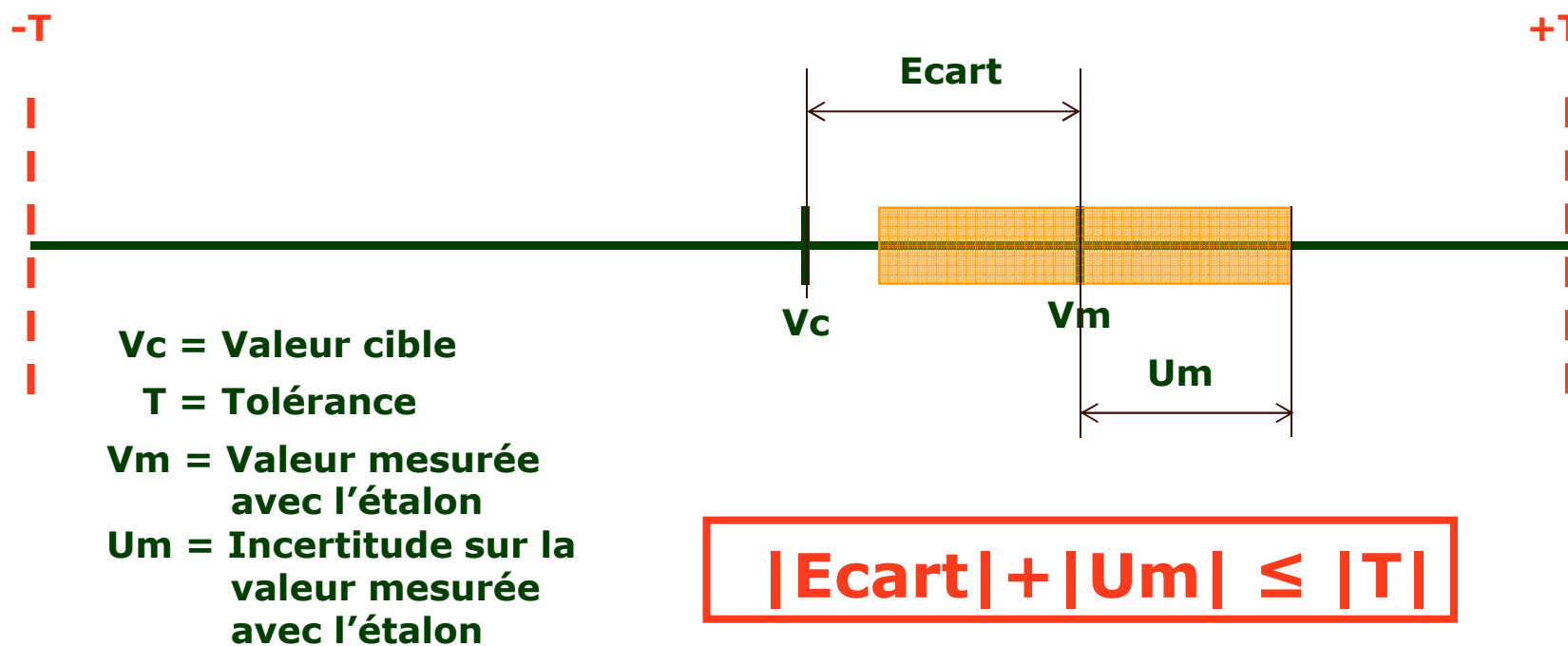


Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. **Vérifier** les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux





Choix de l'étalon qui va nous permettre

Étendue de mesure nécessaire :

Encadrant la valeur cible (105°C)

Capabilité nécessaire :

$T=5^{\circ}\text{C}$ Tolérance imposée par la

$U_{\text{étuve}}=1,5^{\circ}\text{C}$ Tolérance sur la température

$U_{\text{étalon}}=0,5^{\circ}\text{C}$ Incertitude sur la température



thermomètre Pt100		thermomètre Pt100 ATEX	
► -100 à +800°C, $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$		► -50 à +400°C, $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ► protection ATEX 1757X	
Température	-100 à +800°C	Température	-50 à +400°C
Résolution	0,1°C jusqu'à 200°C 1°C au-delà	Résolution	0,1°C jusqu'à 200°C 1°C au-delà
Précision	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ de -100 à +200°C $\pm 0,2\%$ au-delà	Précision	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ de -50 à +200°C $\pm 0,2\%$ au-delà

A compléter par une sonde Pt100.

thermomètre Pt100 -100 à +800°C		thermomètre Pt100 ATEX -50 à +400°C	
C6287	79,20	C63090	102,00
C62885 pénétration	79,20	C63091 contact	134,00
C62887 surface	103,00	étui cuir	45,60
C62890 air/gaz	87,70		
étui anti choc Topsafe	28,30		
C62950	28,30		

OK mais à vérifier!

Commande : CACD080202240
Dossier : 039628

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

CALIBRATION CERTIFICAT

DELIVRE A :
ISSUED FOR :

CIRAD AMIS AGRONOMIE ANAL SOLS
M. BABRE D.
Av AGROPOLIS
34000 MONTPELLIER

INSTRUMENT ETALONNE
CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation : Chaîne de mesure de température
Designation :

Constructeur : TESTO
Manufacturer :

Type : 925 N° de série : 1524
Type : serial number :

Ce certificat comprend 4 pages Date d'émission : 25/02/02
This certificat includes pages date of issue :

OPERATION REALISEE PAR
OPERATION COMPLETED BY

Mlle MEY Céline

LE RESPONSABLE DU SM
THE HEAD OF THE SM

Mr BOHN J-Paul

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous forme de fac-similé photographique intégral.
This certificat may not be reproduced other than in full by photographic process.

Vérification de l'étuve

du 25 septembre et 1er octobre 2009

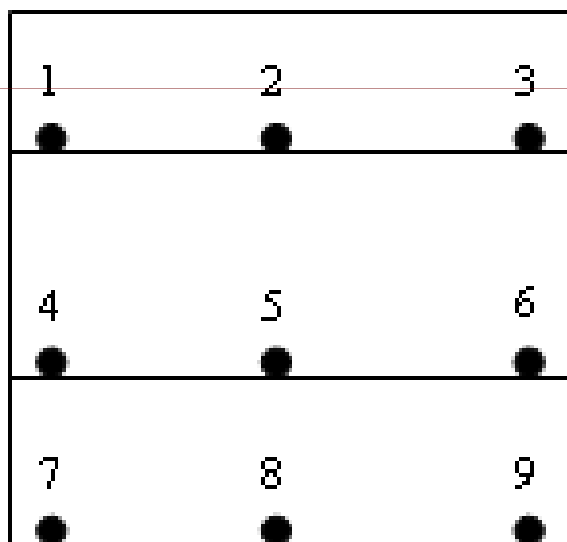
262



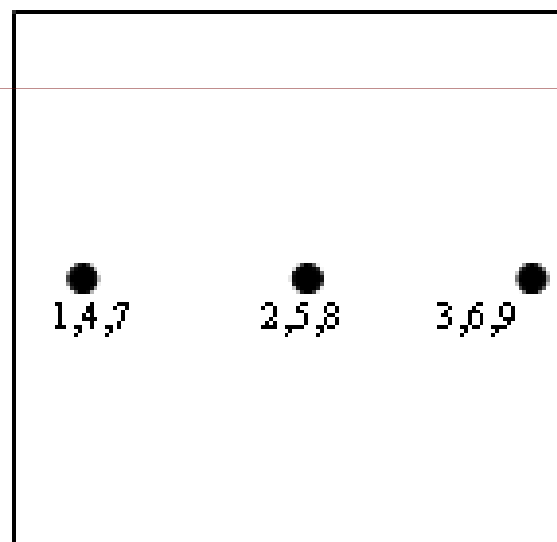
Vérification de l'étuve

Principe de vérification de l'étuve :

Mesure de la température au moyen de la sonde étalon en 9 points



Vue de face



Vue de dessus



VERIFICATION des APPAREILS CHAUFFANTS , REFRIGERANTS , ET DE MESURE DE TEMPERATURE

Données provenant du certificat d'étalonnage

APPAREIL :

ENREGISTREMENT :

Nature :

ETUVE

Marque :

MEMMERT

Modèle :

ETUV-00104

Emplacement :

Cellule 09

Code enregistrement :

V1040601

Localisation Réseau : B3/Ecole d'été 2006/V1040601.xls/Vérification 105 °C

RESULTATS :

CONFORME

OBSERVATIONS :

ETUVE POUR MS

Date :

05/04/2006

Vérificateur :

GOUZY J

Visa :

SONDE de VERIFICATION :

Marque :

TES TO-925

Code :

ETUV-279

Emplacement :

BUREAU 12

Température de consigne (TC) °C :

105

Tolérance (+/- TC) :

5,00

Var (Ecart Sonde) :

0,06

Var (Répétabilité) :

0,30

EQUIPEMENT	Temp de REF (°C)	Temp de MESURE (°C)	ECART de mesure (+ ou -) (°C)	INCERTITUDE de MESURE (°C)	OBSERVATIONS
Nature : Sonde TES TO 925	-24,8	-23,7	1,1	0,5	INCERT: +/- 2 sigma
Code Labo : ETUV-00279	0,0	0,3	0,3	0,5	INCERT: +/- 2 sigma
Certificat : AVANTEC-039628	20,0	20,4	0,4	0,5	INCERT: +/- 2 sigma
	105,5	106,0	0,5	0,5	INCERT: +/- 2 sigma
	355,8	361	5,2	1,6	INCERT: +/- 2 sigma
	493,2	490	-3,2	2,0	INCERT: +/- 2 sigma
	892,5	901	8,5	5,0	INCERT: +/- 2 sigma

Capabilité réelle (≥ 3):
OK

ESSAI N°1

Température de CONSIGNÉ (TC) Affichée sur l'appareil (°C)

MOLETTE

100

Température MOYENNE Lue sur l'appareil (TML) (°C)

DIGITAL

104

ETAGERES	TEMPERATURES MESUREES (TM) °C	TEMP REELLE MOYENNE TR = TM - ES (°C)	INCERTITUDE ITR +/- °C	RESULTAT Vérification (ITR) + Ecart <= T	Capabilité Etuve Cp = T / ITR	Résultat CAPABILITE Etuve
ARRIERE / HAUT	104,8 104,7 104,6	104,20	1,22	CONFORME	4,1	OK
MILIEU						
AVANT / BAS	104,2 104,1 104,2	103,67	1,21	CONFORME	4,1	OK
SONDE	T.R.G	103,94				

RESULTAT GLOBAL :

CONFORME

OBSERVATION SUR ESSAI N°1

ATTENTION AFFICHAGE

ESSAI N°2

Température de CONSIGNÉ (TC) Affichée sur l'appareil (°C)

Température MOYENNE Lue sur l'appareil (TML) (°C)

$$|Ecart| + |Um| \leq |T|$$

$$1.33 + 1.21 = 2.54 < 5$$

RESULTAT GLOBAL :

PAS DE 2° ESSAI

OBSERVATION SUR ESSAI N°2

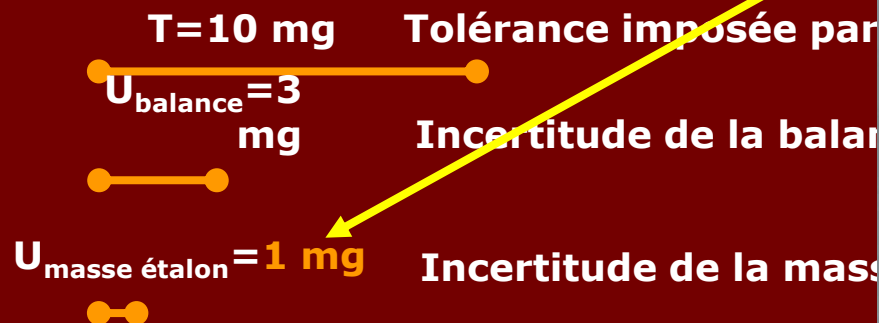


Choix de l'étalon :

Étendue de mesure nécessaire

Encadrant la valeur cible (15 g)

Capabilité nécessaire :



La métrologie dans l'industrie et les laboratoires - 30 sept

poids en coffret individuel

- ▶ classes de précision M1, F1 ou E2
- ▶ étalonnage certifié COFRAC
- ▶ livré en coffret

Les poids certifiés sont livrés avec certificat conformes ISO et BPL, avec n° d'identification, la masse conventionnelle du poids, donnée à 5 décimales.

classe M1 : Inox. Monobloc de 1 à 50 g nickelé. Cavité d'ajustage de 100 g à 10 kg.

classe F1 : Acier inox non magnétique, p Monobloc de 1 à 20 g. Cavité d'ajustage 10 kg.

classe E2 : Acier inox non magnétique, p monobloc.

dotation standard

1 à 200 g : écrin plastique.
500 g à 2 kg : coffret bois.
5 kg et 10 kg : valise polypropylène.

BPL choisir un poids de tolérance inférieur ou égale à la précision de la balance à calibrer

! les poids de calibration sont identiques pour leur traçabilité, ils ne sont ni repris ni échangés

poids	1 g	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g
tolérance M1, mg	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±5,0
tolérance F1, mg	±0,1	±0,12	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50
tolérance E2, mg	±0,03	±0,04	±0,05	±0,06	±0,08	±0,10	±0,15
poids classe M1	C23088	C23089	C23090	C23091	C23092	C23093	C23094
HT€	13,20	12,40	13,10	13,30	14,10	16,00	18,40
poids M1 certifié	C23116	C23117	C23118	C23119	C23120	C23121	C23122
HT€	47,80	48,00	48,60	48,80	49,60	51,60	53,90
poids classe F1	C23074	C23075	C23076	C23077	C23078	C23079	C23080
HT€							62,60
poids F1							C23135
HT€							107,00
poids classe E2	C23086	C23087	C23088	C23089	C23090	C23091	C23092
HT€	64,40	68,90	71,60	75,20	77,90	89,70	115,00
poids E2 certifié	C23872	C23873	C23874	C23875	C23876	C23877	C23878
HT€	136,00	140,00	143,00	147,00	149,00	161,00	203,00
coffret bois vide pour	1 g	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g
poids classe M1	C23850	C23851	C23852	C23853	C23854	C23855	C23856
HT€	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	65,00
poids classe F1, E2	C23850	C23851	C23852	C23853	C23854	C23855	C23856
HT€	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	65,00

OK mais à vérifier!

246 • balance accessoires

facultatif obligatoirement pièce de

Vérification de la balance

CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE N° Z99 1537

DÉLIVRÉ A :
ISSUED TO
CIRAD-FORET
Maison Technologie
73, rue J.F. Breton
34032 MONTPELLIER
FRANCE

INSTRUMENT ÉTALONNÉ CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation : **Poids de 50g**
Designation 50g weight

Constructeur : **ZWIEBEL**
Manufacturer


Type : **XPCOF1**
Type

N° de série : **(PRO0034)**
Serial number

Ce certificat comprend 3 pages
This certificate consists of 3 pages

Date d'émission : **23 mars 1999**
Date of issue

LE RESPONSABLE DU SMH
THE HEAD OF SMH


J. ESCORIZA

LA REPRODUCTION DE CE CERTIFICAT N'EST AUTORISÉE QUE
SOUS LA FORME DE FAC-SIMILÉ PHOTOGRAPHIQUE INTÉGRAL
THIS CERTIFICATE MAY NOT BE REPRODUCED OTHER THAN IN FULL BY PHOTOGRAPHIC PROCESS



Vérification de la balance

Résultats :

- **Capabilité :**

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{2 \times U}$$

EMT donnée par la norme

$$\text{EMT} = 2 \times T = 20 \text{ mg}$$

Pour l'ISO 11465 :

$$C_p = \frac{0,02}{2 \times 2 \times 2 \cdot 10^{-3}} = 2,5$$

OK

Incertitude de la balance
provenant de la vérification



Rappel des actions d'une « Fonction Métrologie »

Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. **Raccorder** les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux

- Il est indispensable que le laboratoire, s'il veut vérifier lui-même ses équipements, **possède** des **étalons** de référence et les fasse comparer à des références nationales (ou internationales), par le biais des laboratoires d'étalonnage.
- Le bon choix de la **périodicité** du raccordement est primordial puisqu'une erreur commise sur un étalon peut avoir des conséquences beaucoup plus importantes que celle commise sur un équipement.
- Le raccordement est la **base** de la métrologie, il permet d'assurer la cohérence des résultats des mesures.



Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux

Application à l'étuve



Certificat

- **correction** = - écart (= - 0.5°C)
(Ecart = t° mesurée - t° réelle)
- **incertitude sur la correction** (= $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

VERIFICATION

104.2 \pm 1.2°C



Objectifs 2^{ème} journée

- Quizz sur la fiche de vie
- Estimation des incertitudes de mesure et règle d'arrondissement
- Déclaration de conformité
- Exercices incertitude (différence entre vérification et étalonnage et influence des conditions d'installation)
- Exercice d'audit de Dossiers Matériels
- Exercice de calcul d'incertitude de la concentration d'une solution
- Exemple d'adaptation d'un équipement de mesure à un processus
- Exemple d'application (mise en œuvre d'une norme)
- Quizz final sur la métrologie



Intérêts d'une « Fonction Métrologie » ...

- **Qualité** du travail (exactitude des résultats, confiance du personnel, satisfaction des clients),
- **Connaissance** des équipements et de leur utilisation,
- **Homogénéité** du parc de matériel,
- **Économie** (achat raisonné, périodicités d'intervention optimisées),
- **Compétences** (formation et implication du personnel, savoir faire),
- ...



... et recommandations:

- Rester **réaliste** : tous les équipements n'ont pas la même importance,
- Eviter la « **surqualité** » : choix des équipements adapté, périodicité adéquate, ...
- **Adapter** la fonction métrologie à la taille et aux équipements du laboratoire,

... pour qu'elle ne devienne pas **irréaliste** ...



Pourquoi mesurer, pourquoi mesurer la mesure ?

- Seul ce qui est mesurable peut progresser !
- Ne jamais mesurer sans enregistrer!
- Ne jamais enregistrer sans analyser !
- Ne jamais analyser sans décider !
- Ne jamais décider sans agir !

